COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT-SOIXANTE-DIX-HUITIÈME.

JANVIER — JUIN 1924.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS et Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1924

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1er JANVIER 1924

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

Section Ire. — *Géométrie.*

Messieurs :

APPELL (Paul-Émile), G. O. ✻.
PAINLEVÉ (Paul), ✻.
HADAMARD (Jacques-Salomon), O. ✻.
GOURSAT (Édouard-Jean-Baptiste), O. ✻.
BOREL (Félix-Édouard-Justin-Émile), O. ✻.
LEBESGUE (Henri-Léon), ✻.

Section II. — *Mécanique.*

BOUSSINESQ (Joseph-Valentin), O. ✻.
SEBERT (Hippolyte), C. ✻.
VIEILLE (Paul-Marie-Eugène), G. O. ✻.
LECORNU (Léon-François-Alfred), O. ✻.
KŒNIGS (Gabriel-Xavier-Paul), O. ✻.
MESNAGER (Augustin-Charles-Marie), O. ✻.

Section III. — *Astronomie.*

DESLANDRES (Henri-Alexandre), O. ✻.
BIGOURDAN (Guillaume), O. ✻.
BAILLAUD (Édouard-Benjamin), C. ✻.
HAMY (Maurice-Théodore-Adolphe), O. ✻.
PUISEUX (Pierre-Henri), O. ✻.
ANDOYER (Marie-Henri), O. ✻.

SECTION IV. — *Géographie et Navigation.*

Messieurs :

BERTIN (Louis-Émile), C. ✻.
LALLEMAND (Jean-Pierre, *dit* Charles), O. ✻.
FOURNIER (François-Ernest), G. C. ✻, ✠.
BOURGEOIS (Joseph-Émile-Robert), G. O. ✻.
FERRIÉ (Gustave), C. ✻.
GENTIL (Louis-Émile), O. ✻.

SECTION V. — *Physique générale.*

VILLARD (Paul), O. ✻.
BRANLY (Édouard-Eugène-Désiré), C. ✻.
BERTHELOT (Paul-Alfred-Daniel).
BRILLOUIN (Louis-Marcel), O. ✻.
PERRIN (Jean-Baptiste), O. ✻.
COTTON (Aimé-Auguste), O. ✻.

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie.*

HALLER (Albin), G. O. ✻.
LE CHATELIER (Henry-Louis), C. ✻.
MOUREU (François-Charles-Léon), G. O. ✻.
BÉHAL (Auguste), C. ✻.
URBAIN (Georges), O. ✻.
BERTRAND (Gabriel-Émile), O. ✻.

SECTION VII. — *Minéralogie.*

BARROIS (Charles-Eugène), C. ✻.
DOUVILLÉ (Joseph-Henri-Ferdinand), O. ✻.
WALLERANT (Frédéric-Félix-Auguste), O. ✻.
TERMIER (Pierre-Marie), O. ✻.
LAUNAY (Louis-Auguste-Alphonse DE), O. ✻.
HAUG (Gustave-Émile), O. ✻.

Section VIII. — *Botanique.*

Messieurs :

Guignard (Jean-Louis-Léon), C. ✻.
Mangin (Louis-Alexandre), C. ✻.
Costantin (Julien-Noël), O. ✻.
Lecomte (Paul-Henri), O. ✻.
Dangeard (Pierre-Augustin-Clément), O. ✻.
Molliard (Marin), ✻.

Section IX. — *Économie rurale.*

Roux (Pierre-Paul-Émile), G. C. ✻.
Schlœsing (Alphonse-Théophile), O. ✻.
Maquenne (Léon-Gervais-Marie), O. ✻.
Leclainche (Auguste-Louis-Emmanuel), G. O. ✻.
Viala (Pierre), O. ✻.
Lindet (Gaston-Aimé-Léon), C. ✻.

Section X. — *Anatomie et Zoologie.*

Bouvier (Louis-Eugène), C. ✻.
Henneguy (Louis-Félix), O. ✻.
Marchal (Paul-Alfred), O. ✻.
Joubin (Louis-Marie-Adolphe-Olivier-Édouard), O. ✻.
Mesnil (Félix-Étienne-Pierre), O. ✻.
Gravier (Charles-Joseph), O. ✻.

Section XI. — *Médecine et Chirurgie.*

Arsonval (Jacques-Arsène d'), G. O. ✻.
Richet (Robert-Charles), C. ✻.
Quénu (Édouard-André-Victor-Alfred), C. ✻.
Widal (Fernand-Georges-Isidore), G. O. ✻.
Bazy (Pierre-Jean-Baptiste), C. ✻.
Vincent (Jean-Hyacinthe), G. O. ✻.

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

Messieurs :

PICARD (Charles-Émile), C. ✻, pour les sciences mathématiques.
LACROIX (François-Antoine-Alfred), C. ✻, pour les sciences physiques.

ACADÉMICIENS LIBRES.

HATON DE LA GOUPILLIÈRE (Julien-Napoléon), G. O. ✻.
BONAPARTE (le prince Roland).
TISSERAND (Louis-Eugène), G. C. ✻.
BLONDEL (André-Eugène), O. ✻.
FOCH (le maréchal Ferdinand), G. C. ✻, ✠.
JANET (Paul-André-Marie), O. ✻.
BRETON (Jules-Louis).
OCAGNE (Philbert-Maurice D'), O. ✻.
N.........................
N.........................

MEMBRES NON RÉSIDANTS.

SABATIER (Paul), C. ✻, à Toulouse.
GOUY (Louis-Georges), O. ✻, à Lyon.
DEPÉRET (Charles-Jean-Julien), O. ✻, à Lyon.
FLAHAULT (Charles-Henri-Marie), O. ✻, à Montpellier.
KILIAN (Charles-Constant-Wilfrid), O. ✻, à Grenoble.
COSSERAT (Eugène-Maurice-Pierre), ✻, à Toulouse.

APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

RATEAU (Camille-Edmond-Auguste), O. ✻, à Paris.
CHARPY (Augustin-Georges-Albert), O. ✻, à Paris.
CHARDONNET (le cte Louis-Marie-Hilaire BERNIGAUD DE), O. ✻, à Paris.
LUMIÈRE (Louis-Jean), C. ✻, à Lyon.
LAUBEUF (Alfred-Maxime), C. ✻, à Paris.
N...............................

ASSOCIÉS ÉTRANGERS.

Messieurs :

LANKESTER (Sir Edwin Ray), à Londres.
LORENTZ (Hendrik Antoon), C. *, à Haarlem (Pays-Bas).
GEIKIE (Sir Archibald), O. *, à Haslemere, Surrey.
VOLTERRA (Vito), C. *, à Rome.
HALE (George Ellery), à Mount Wilson Observatory (Californie).
THOMSON (Sir Joseph John), à Cambridge (Angleterre).
WALCOTT (Charles Doolittle), à Washington.
MICHELSON (Albert Abraham), à Chicago.
BRÖGGER (Waldemar, Christofer), C. *.
BORDET (Jules-Jean-Baptiste-Vincent), C. *.
PATERNÒ DI SESSA (Emanuele), G. O. *.
N. . . . .

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie* (10).

MITTAG-LEFFLER (Magnus Gustaf), C. *, à Djursholm (Suède).
GUICHARD (Claude), *, à Paris.
HILBERT (David), à Göttingen.
LA VALLÉE POUSSIN (Charles-Jean-Gustave-Nicolas DE), à Louvain.
BIANCHI (Luigi), à Pise.
LARMOR (Sir Joseph), à Cambridge (Angleterre).
DICKSON (Leonard Eugene), à Chicago.
RIQUIER (Charles-Edmond-Alfred), *, à Caen (Calvados).
FREDHOLM (Erik-Ivar), à Djursholms Ösby (Suède).
BAIRE (René-Louis), *, à Lausanne (Suisse).

Section II. — *Mécanique* (10).

Messieurs :

Witz (Marie-Joseph-Aimé), ✻, à Lille.
Levi-Civita (Tullio), à Rome.
Schwoerer (Émile), ✻, à Colmar.
Sparre (le comte Magnus-Louis-Marie de), ✻, à Lyon.
Waddell (John Alexander Low), à Kansas City (Missouri).
Torres Quevedo (Leonardo), c. ✻, à Madrid.
Greenhill (Sir George), à Londres.
Andrade (Jules-Frédéric-Charles), ✻, à Besançon.
Camichel (Charles-Moïse), ✻, à Toulouse.
Villat (Henri-René-Pierre), ✻, à Strasbourg.

Section III. — *Astronomie* (10).

Turner (Herbert Hall), à Oxford.
Verschaffel (Aloys), ✻, à Paris.
Lebeuf (Auguste-Victor), ✻, à Besançon.
Dyson (Sir Frank Watson), à Greenwich.
Gonnessiat (François), ✻, à Alger.
Campbell (William Wallace), à Mount Hamilton (Californie).
Fabry (Louis), ✻, à Marseille.
Fowler (Alfred), à Londres.
Brown (Ernest William), à New-Haven (Connectitut).
N.......................................

Section IV. — *Géographie et Navigation* (10).

Teffé (l'amiral baron Antonio Luiz de), à Petropolis (Brésil).
Nansen (Fridtjof), c. ✻, à Lysaker (Norvège).
Hedin (Sven Anders), à Stockholm.
Hildebrandsson (Hugo Hildebrand), c. ✻, à Upsal.
Davis (William Morris), ✻, à Cambridge (Massachusetts).
Amundsen (Roald), g. o. ✻, à Kristiania.
Tilho (Jean-Auguste-Marie), o. ✻, à Paris.

Messieurs :

LECOINTE (Georges), C. *, à Uccle (Belgique).
WATTS (Sir Philip), à Londres.
N. . . . .

SECTION V. — *Physique générale* (10).

BLONDLOT (Prosper-René), O. *, à Nancy.
GUILLAUME (Charles-Édouard), O. *, à Sèvres.
ARRHENIUS (Svante August), G. O. *, à Stockholm.
MATHIAS (Émile-Ovide-Joseph), *, à Clermont-Ferrand.
ONNES (Heike Kamerlingh), à Leiden (Pays-Bas).
WEISS (Pierre-Ernest), O. *, à Strasbourg.
RUTHERFORD (Sir Ernest), à Cambridge (Angleterre).
ZEEMAN (Pieter), à Amsterdam.
BRAGG (Sir William-Henry), à Londres.
N. . . . .

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie* (10).

FORCRAND DE COISELET (Hippolyte-Robert DE), O. *, à Montpellier.
GUNTZ (Antoine-Nicolas), O. *, à Nancy.
GRAEBE (Carl), à Francfort-sur-le-Main.
GRIGNARD (François-Auguste-Victor), O. *, à Lyon.
WALDEN (Paul), à Riga.
PERKIN (William Henry), à Oxford (Angleterre).
PICTET (Amé), *, à Genève.
RECOURA (Albert), O. *, à Grenoble.
SENDERENS (Jean-Baptiste), *, à Toulouse.
HADFIELD (Sir Robert Abbott), à Londres.

SECTION VII. — *Minéralogie* (10).

TSCHERMAK (Gustav), à Vienne (Autriche).
HEIM (Albert), à Zurich.
GROSSOUVRE (Marie-Félix-Albert DURAND DE), O. *, à Bourges.

Messieurs :

BECKE (Friedrich Johann Karl), à Vienne (Autriche).
FRIEDEL (Georges), O. ✻, à Graffenstaden (Bas-Rhin).
BIGOT (Alexandre-Pierre-Désiré), ✻, à Caen.
LUGEON (Maurice), O. ✻, à Lausanne.
MARGERIE (Emmanuel-Marie-Pierre-Martin-Jacquin DE), O. ✻, à Strasbourg.
GLANGEAUD (Philippe), ✻, à Clermont-Ferrand.
CORNET (Jules), à Mons (Belgique).

SECTION VIII. — *Botanique* (10).

WARMING (Johannes Eugenius Bülow), à Copenhague.
ENGLER (Heinrich Gustav Adolf), à Dahlem, près de Berlin.
DE VRIES (Hugo), à Lunteren (Pays-Bas).
VUILLEMIN (Jean-Paul), ✻, à Malzéville (Meurthe-et-Moselle).
SAUVAGEAU (Camille-François), ✻, à Bordeaux.
CHODAT (Robert-Hippolyte), ✻, Palmella, Pinchat, près de Genève.
LECLERC DU SABLON (Albert-Mathieu), ✻, à Vénéjan (Gard).
MASSART (Jean), à Etterbeek-Bruxelles.
JUMELLE (Henri-Lucien), ✻, à Marseille.
MAIRE (René-Charles-Joseph-Ernest), ✻, à Alger.

SECTION IX. — *Économie rurale* (10).

GAYON (Léonard-Ulysse), C. ✻, à Bordeaux.
WINOGRADSKY (Serge), à Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne).
GODLEWSKI (Emil), à Pulawy (Pologne).
PERRONCITO (Eduardo), O. ✻, à Turin.
WAGNER (Paul), à Darmstadt.
IMBEAUX (Charles-Édouard-Augustin), O. ✻, à Nancy.
BALLAND (Joseph-Antoine-Félix), O. ✻, à Saint-Julien (Ain).
NEUMANN (Louis-Georges), O. ✻, à Saint-Jean-de-Luz (Basses-Pyrénées).
TRABUT (Louis), O, ✻, à Alger.
EFFRONT (Jean), à Bruxelles.

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie* (10).

Messieurs :

SIMON (Eugène-Louis), O. ✱, à Paris.
LOEB (Jacques), à New-York.
RAMON CAJAL (Santiago), C. ✱, à Madrid.
BOULENGER (George-Albert), à Bruxelles.
BATAILLON (Jean-Eugène), O. ✱, à Clermont-Ferrand.
CUÉNOT (Lucien-Claude), ✱, à Nancy.
VAYSSIÈRE (Jean-Baptiste-Marie-Albert), ✱, à Marseille.
BRACHET (Albert-Toussaint-Joseph), ✱, à Bruxelles.
LAMEERE (Auguste-Alfred-Lucien-Gaston), à Saint-Gilles-lez-Bruxelles.
VIGUIER (Antoine-François-Camille), ✱, à Alger.

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie* (10).

CALMETTE (Léon-Charles-Albert), G. O. ✱, à Paris.
PAVLOV (Jean Petrovitch), à Pétrograd.
YERSIN (Alexandre-John-Émile), C. ✱, à Nha-Trang (Annam).
BERGONIÉ (Jean-Alban), G. O. ✱, à Bordeaux.
DEPAGE (Antoine), C. ✱, à Bruxelles.
BRUCE (Sir David), à Londres.
WRIGHT (Sir Almroth Edward), à Londres.
NICOLLE (Charles-Jules-Henri), O. ✱, à Tunis.
SHERRINGTON (Sir Charles Scott), à Oxford.
N . . . .



COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 2 JANVIER 1924.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER, PUIS DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

M. **Albin Haller**, Président sortant, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres et les Correspondants pendant le cours de l'année 1923.

État de l'impression des recueils de l'Académie au 1er janvier 1924.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Les tomes 170 et 171 (1er et 2e semestres de l'année 1920), 172 et 173 (1er et 2e semestre 1921), 174 et 175 (1er et 2e semestre 1922) sont parus avec leurs tables et ont été mis en distribution.

Le tome 176 (1er semestre 1923) est paru avec ses tables et est mis en distribution aujourd'hui.

Les numéros du 2e semestre de l'année 1923 ont été mis en distribution, chaque semaine, avec la régularité habituelle.

Mémoires de l'Académie. — Aucun volume n'a été publié en 1923.

Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835.

Le tome X, années 1832-1835, est sous presse.

Un volume de tables générales est en préparation.

Annuaire de l'Académie. — L'Annuaire pour 1924 est paru et est mis en distribution au cours de cette séance.

Membres décédés depuis le 1er janvier 1923.

Section de Physique générale. — M. **Jules Violle**, à Fixin, Côte-d'Or, le 12 septembre.

Académiciens libres. — M. **Ch. de Freycinet**, à Paris, le 14 mai; M. le comte **A. de Gramont**, à Savennières, Maine-et-Loire, le 31 octobre.

Division des applications de la science à l'industrie. — M. **Maurice Leblanc**, à Paris, le 27 octobre.

Associés étrangers. — M. **J. D. Van der Waals**, à Amsterdam, le 8 mars.

Membres élus depuis le 1er janvier 1923.

Section de Géographie et Navigation. — M. **Louis Gentil**, le 26 février, en remplacement de M. Louis Favé, décédé.

Section de Physique générale. — M. **Jean Perrin**, le 11 juin, en remplacement de M. Edmond Bouty, décédé; M. **Aimé Cotton**, le 26 novembre, en remplacement de M. Jules Violle, décédé.

Section de Chimie. — M. **Gabriel Bertrand**, le 5 mars, en remplacement de M. Georges Lemoine, décédé.

Section de Botanique. — M. **Marin Molliard**, le 7 mai, en remplacement de M. Gaston Bonnier, décédé.

Associés étrangers. — M. **Waldemar Christofer Brögger**, le 19 février, en remplacement de M. Simon Schwendener, décédé; M. **Jules Bordet**, le 12 mars, en remplacement de M. Giacomo Ciamician, décédé; M. **Emanuele Paternò**, le 19 mars, en remplacement de S. A. S. Albert Ier, prince souverain de Monaco, décédé.

Membres à remplacer.

Académiciens libres. — M. **Ch. de Freycinet**, mort à Paris, le 14 mai 1923; M. le comte **A. de Gramont**, mort à Savennières, Maine-et-Loire, le 31 octobre 1923.

Division des applications de la science à l'industrie. — M. **Maurice Leblanc**, mort à Paris, le 27 octobre 1923.

Associés étrangers. — M. **J. D. Van der Waals**, mort à Amsterdam, le 8 mars 1923.

Correspondants décédés depuis le 1er janvier 1923.

Pour la Section de Mécanique. — M. **Emmanuel Ariès**, le 24 février, à Versailles.

Pour la Section d'Astronomie. — M. **H. G. Van de Sande Bakhuyzen**, le 8 janvier à Leiden; M. **Edouard Stephan**, le 31 décembre, à Marseille.

Pour la Section de Géographie et Navigation. — M. **Élie Colin**, le 10 avril, à Andohalo, Madagascar.

Pour la Section de Physique générale. — Sir **James Dewar**, le 27 mars, à Londres.

Correspondants élus depuis le 1er janvier 1923.

Pour la Section de Mécanique. — M. **Henri Villat**, à Strasbourg, le 28 mai, en remplacement de M. Emmanuel Ariès, décédé.

Pour la Section de Chimie. — Sir **Robert Hadfield**, à Sheffield, le 4 juin, en remplacement de M. Emanuele Paternò, élu associé étranger.

Pour la Section de Minéralogie. — M. **Emmanuel de Margerie**, à Strasbourg, le 15 janvier, en remplacement de M. Œhlert, décédé; M. **Philippe Glangeaud**, à Clermont-Ferrand, le 22 janvier, en remplacement de M. Otto Lehmann, décédé; M. **Jules Cornet**, à Mons, Belgique, le 12 mars, en remplacement de M. W. C. Brögger, élu associé étranger.

Pour la Section de Botanique. — M. **René Maire**, à Alger, le 4 juin, en remplacement de M. J.-A. Battandier, décédé.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — Sir **Charles Scott Sherrington**, à Oxford, le 10 décembre, en remplacement de sir Patrick Manson, décédé.

Correspondants à remplacer.

Pour la Section d'Astronomie. — M. **Edouard Stephan**, mort à Marseille, le 31 décembre 1923.

Pour la Section de Géographie et Navigation. — M. **Élie Colin**, mort à Andohalo, Madagascar, le 10 avril 1923.

Pour la Section de Physique générale. — Sir **James Dewar**, mort à Londres, le 27 mars 1923.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Jules Bordet**, à Bruxelles, élu associé étranger le 12 mars 1923.

Pour les Sections qui seront désignées par l'Académie : M. **George Ellery Hale**, au Mount Wilson Observatory, Californie, élu associé étranger le 10 mars 1919; Sir **Norman Lockyer**, mort à Salcombe Regis, Sidmouth, Angleterre, le 16 août 1920; M. **J.-B. Gaillot**, mort à Chartres, le 4 juin 1921; Sir **William Christie**, mort en mer, se rendant de Mogador à Gibraltar, le 22 janvier 1922; M. **Jacobus Cornelius Kapteyn**, mort à Groningue, Pays-Bas, le 18 juin 1922; M. **H. G. Van de Sande Bakhuyzen**, mort à Leiden, Hollande, le 8 janvier 1923.

M. **Albin Haller**, président sortant, s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Avant de remettre mes fonctions à mon successeur, permettez-moi de vous renouveler l'expression de ma gratitude pour le grand honneur que vous m'avez fait en me portant à la présidence de l'Académie.

L'année qui vient de s'écouler a été fertile en événements de toute nature. Nous nous sommes efforcé d'y répondre avec honneur et avec toute la mesure qu'ils comportaient.

Elle a aussi été féconde en production scientifique. Nos *Comptes rendus* en font foi puisqu'ils sont près d'atteindre le volume qu'ils avaient avant la guerre.

Puisse l'année qui vient d'éclore nous être plus clémente que 1923 et voir augmenter encore l'activité intellectuelle de nos chercheurs,

Je ne saurais quitter ce fauteuil sans vous remercier de la bienveillance que vous m'avez témoignée au cours de mes fonctions et sans remercier aussi nos zélés et sympathiques secrétaires perpétuels du concours qu'ils m'ont apporté pour faciliter ma tâche.

Je cède le fauteuil de la présidence à M. Bigourdan et prie M. Bouvier de prendre possession de celui de la vice-présidence.

En prenant possession du fauteuil de la présidence, M. **Guillaume Bigourdan** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Je me sens très ému en prenant le fauteuil que me cède l'éminent M. Haller, président sortant; car votre indulgence extrême, jointe au privilège de l'âge, m'a confié une charge que je sens bien au-dessus de mes forces.

Laissez-moi d'abord vous remercier du grand honneur que vous avez bien voulu me faire, et vous dire ensuite que je n'épargnerai aucun effort pour justifier votre confiance.

En ce moment, je tiens à rappeler le souvenir des maîtres illustres, trop tôt disparus, qui, après avoir guidé dans la science du ciel des générations dont j'ai partagé les études, ont été ici des modèles d'académiciens.

Mon insuffisance, je le crains, sera d'autant plus manifeste, que je succède à un président modèle.

M. Haller, en effet, durant ce qui a été appelé une royauté annuelle, nous a communiqué cet esprit de discipline, d'exactitude, qui l'anime constamment; et je me félicite d'avoir été à l'école d'un tel maître.

Cet esprit de discipline tendait à fléchir ici, du moins quant à l'heure d'ouverture de nos séances : avec une aisance que nous avons tous admirée, par la puissance de l'exemple, M. Haller a su remonter un courant qui paraissait très fort, qui même semblait parvenu à son état permanent, puisque, en 1916, son existence était constatée par C. Jordan, un de nos plus vénérés présidents; et sans aucun doute on pourrait en trouver des traces plus anciennes encore. Malgré cela, M. Haller, secondé par nos éminents secrétaires perpétuels, a su faire commencer nos séances à l'heure précise, d'ailleurs fixée par vous-mêmes.

Je tiens à le remercier, en votre nom à tous, de ce qu'il a fait, de l'exemple qu'il nous a donné, et, en particulier, du temps qu'il nous a fait gagner ainsi.

Je m'attacherai à suivre inflexiblement son exemple. Je voudrais même, si ce n'est un excès d'ambition, aller un peu plus loin, et contribuer à une amélioration, disons une réforme, désirée depuis plus longtemps encore que l'exactitude; car lorsque, en 1699, un règlement célèbre eut donné à l'ancienne Académie des Sciences sa forme à peu près définitive, on jugea utile de marquer à chacun une place fixe, de sorte que, par exemple, un géomètre voisinait avec un anatomiste : on espérait éviter ainsi les conversations de membre à membre.

Fontenelle, qui mentionne ce fait, est muet sur le succès de cette mesure. Constatons seulement que chacun aujourd'hui a bien une place à peu près fixe, qu'un géomètre voisine encore avec un anatomiste, ou un astronome avec un botaniste, mais que cela n'empêche pas les conversations particulières.

M. E. Picard, en 1910, avait, dit-il, pu vérifier « de cette place que le bruit dépassait, à certains moments, les limites permises »; et, à ce bruit, il opposait le silence qui régnait dans une Société étrangère, analogue à la nôtre. Avant et après cette date, d'autres de nos présidents ont fait appel aux sentiments les plus élevés pour obtenir le silence, et cependant aujourd'hui encore il n'a pas été obtenu.

Les causes en sont multiples, et l'une d'elles est l'insuffisance de notre installation matérielle.

C'est que, lorsqu'on a décidé d'admettre librement le public à nos séances, on n'a pas adapté notre salle à ces conditions nouvelles; et nous en souffrons tous, avec le public savant qui nous entoure, avec les publicistes scientifiques dont, au bénéfice de tous, les *Comptes rendus* portent au loin les résultats de nos travaux.

Malheureusement, les conditions économiques actuelles ne permettent pas d'espérer une transformation prochaine de notre installation, car il faut d'abord panser les plaies de la France, rayonnante de gloire, mais affaiblie par la perte du plus généreux de son sang.

Faut-il, pour cela, renoncer à mieux faire, à réaliser une amélioration désirée de tous? Non certes. Vous me permettrez donc de demander, en votre nom, le silence à ceux qui, momentanément et sous la pression des circonstances, pourraient le troubler; et vous éviterez tous d'entretenir les membres du bureau pendant nos séances.

Permettez encore à votre nouveau président d'exprimer un autre vœu : c'est que nos réunions privées, nos comités secrets, pour leur conserver un nom vieilli, soient suivies plus assidûment.

Pour lever les difficultés qui pourront se présenter, je sais pouvoir compter en toute confiance sur les dévoués conseillers dont votre président se trouve entouré :

M. Bouvier, notre éminent vice-président, nos savants secrétaires perpétuels, M. E. Picard et M. Lacroix.

Confiant aussi dans votre indulgence, dans votre concours à tous, je vous invite à reprendre vos travaux, que je me suis permis d'interrompre un instant.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

L'année qui vient de finir nous laisse dans l'angoisse : par des intempéries anormalement prolongées, elle occasionne de nombreuses et terribles inondations ; et elle a, pour le moins, contribué à la perte du *Dixmude* ; par là elle a mis en deuil le pays tout entier, et plus particulièrement notre marine nationale, à laquelle j'exprime toutes nos condoléances.

Elle a aussi frappé directement notre Académie, en lui enlevant, le 31 décembre, le doyen de ses correspondants, **Jean-Marie-Édouard Stephan**, ancien directeur de l'Observatoire de Marseille.

Admis à l'École Normale comme premier de sa promotion, il y conserva ce même rang jusqu'à la sortie, en 1862, époque où il fut appelé à l'Observatoire de Paris par Le Verrier : il se trouvait ainsi un des derniers survivants d'une glorieuse période, où l'Astronomie française pouvait aspirer au premier rang.

A l'Observatoire il trouva divers aînés, qui devinrent ses amis, et parmi eux il aimait à compter Ch. Wolf, pour lequel il eut toujours une véritable vénération. Il s'y exerça avec ardeur aux observations, sans négliger les mathématiques pures, et en 1866 il subit avec succès les épreuves du doc-

torat, en présentant une thèse : *Sur une classe d'équations aux dérivées partielles du second ordre* (¹).

Il donna immédiatement sa mesure; et lorsque Le Verrier eut réussi à créer le nouvel observatoire de Marseille, d'abord succursale de celui de Paris, il en fit confier la direction à Stéphan, en 1866.

Pour un jeune homme de 29 ans, c'était une charge périlleuse, que d'avoir à soutenir le renom de l'astronomie marseillaise; mais il en sortit tout à son honneur.

L'ancien observatoire, qui remontait à la fin du XVIIᵉ siècle, fut dirigé par une pléiade d'hommes distingués; et au commencement du XIXᵉ sa réputation était devenue mondiale, grâce aux très nombreuses découvertes de comètes et de planètes, faites par Pons, Gambart, Chacornac, etc.

Chargé de diriger le nouveau, Stéphan sut continuer l'ancien sans déchoir, par ses propres travaux et par ceux des collaborateurs qu'il s'était associés, principalement MM. Borrelly et Coggia. Dès la première année de son séjour à Marseille il découvre personnellement la planète (89) Julia, et dans la suite il retrouve le premier diverses comètes périodiques.

En 1868 on lui confia l'organisation d'une des expéditions françaises chargées d'observer la grande éclipse totale de Soleil du 18 août, et il eut pour collaborateurs Rayet et Tisserand, auxquels se joignit Ph. Hatt, qui opérait alors en Cochinchine; favorisés par le temps, ils réalisèrent complètement leur plan d'observation (²). Alors aussi Janssen, qui formait l'autre expédition, imagina l'ingénieuse méthode qui permet d'observer journellement les protubérances, et a été le point de départ d'une ère nouvelle pour l'étude du Soleil.

Foucault venait de réaliser un grand miroir concave de $0^m,80$ de diamètre, qui se révéla aussitôt de la plus grande perfection. Le Verrier le mit entre les mains de Stéphan qui se consacra dès lors à l'observation des nébuleuses. Ce champ de recherches avait été exploré accidentellement d'abord par La Caille, Messier, Méchain, puis systématiquement par les Herschel, père et fils, Lord Rosse, d'Arrest, Lassel; mais ces premiers pionniers s'en étaient tenus presque uniquement à l'exploration, à la découverte.

Pour déchiffrer l'énigme, encore assez profonde, que présentent ces

---

(¹) *Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, t. 3, 1866, p. 7-53.

(²) Le rapport de Stéphan se trouve dans le Tome 7, 1870, p. 99-162, des *Annales de l'École Normale*.

astres, il restait à déterminer leur position dans le ciel avec précision, afin de mettre en évidence leurs mouvements propres. C'est ce que Laugier avait commencé de faire avec de faibles moyens, et pour 50 nébuleuses seulement. Par des explorations prolongées, Stéphan découvrit plus de 500 nébuleuses nouvelles, et, en outre, fixa leurs positions avec une précision qui n'avait pas encore été atteinte.

Un autre mérite de Stephan, c'est d'avoir le premier employé, pour la mesure des diamètres stellaires, une méthode due au génie de Fizeau, et que M. E. Picard nous exposait, il y a quelques jours à peine, avec son talent habituel.

Fizeau avait vu que les ondulations de la lumière, en raison de leur amplitude extrêmement petite et de leur régularité mathématique, peuvent constituer un micromètre d'une précision extraordinaire. Puis, poussant plus loin, il avait considéré le cas des interférences produites par la lumière d'une étoile au foyer des grands instruments, et conclu à la possibilité de mesurer leurs diamètres angulaires.

La méthode exige des instruments de grande ouverture, et le télescope de Marseille était alors le plus grand qu'il y eût en France. Stéphan l'adapta à la méthode de Fizeau, et après quelques essais ([1]), repris bientôt après, il conclut définitivement ([2]) qu'aucune des étoiles examinées par lui ne possède un diamètre apparent atteignant 0",158; et il ajoute que probablement leur diamètre est même bien inférieur à cette quantité. Ce résultat a été confirmé dans la suite par notre illustre associé, M. Michelson, qui a généralisé l'emploi de cette méthode et en a tiré des résultats universellement admirés. De son côté, notre confrère, M. M. Hamy l'a employée avantageusement pour la mesure des diamètres des satellites de Jupiter.

J'aurais à citer encore bien d'autres travaux : organisation de l'observation des étoiles filantes, et proposition d'une méthode géométrique pour déterminer les points radiants, — calculs d'orbites et d'éphémérides de planètes, — participation aux longitudes Paris-Marseille et Marseille-Alger; etc. : je ne puis espérer être complet et je m'arrête.

Stéphan, qui était né en 1837, meurt donc plein d'années, à 86 ans; il avait été nommé correspondant de l'Académie en 1879, et il avait pris sa retraite il y a quelques années.

Une courtoisie parfaite, sans banalité, ne lui a laissé que des amis; il paraissait hors des atteintes de la vieillesse, et il a joui d'une bonne santé

([1]) *Comptes rendus*, t. 76, 1873, p. 1008-1010.

([2]) *Ibid.*, t. 78, 1874, p. 1008-1012.

jusque vers le milieu de 1923. Même il s'était remis de la maladie qui l'avait alors frappé, de sorte qu'il n'a connu aucune déchéance. Il s'était créé à Marseille un honorable foyer, que le malheur avait visité plusieurs fois; mais il y a laissé une famille nombreuse et respectée, à laquelle j'exprime, en votre nom, toutes nos condoléances.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Greenhill**, Correspondant de l'Académie pour la section d'Astronomie; M. **Demoulin**, professeur à l'Université de Gand, membre de l'Académie royale de Belgique, et M. **Wulf**, professeur à l'Université d'Utrecht, qui assistent à la séance.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les jeux où le hasard se combine avec l'habileté des joueurs.* Note (1) de M. **Émile Borel**.

Dans une Note sur la théorie du jeu et les équations intégrales à noyau symétrique gauche (2), j'ai abordé l'étude systématique des jeux où le hasard se combine avec l'habileté des joueurs et j'ai indiqué à quelles difficultés spéciales on pouvait se heurter à propos de tels jeux. J'ai poursuivi cette étude dans un travail que j'ai communiqué au Congrès de Bordeaux de l'*Association française pour l'avancement des Sciences* et que j'ai inséré, avec quelques modifications, dans la nouvelle édition de mes *Éléments de la théorie des probabilités*. Je voudrais aujourd'hui insister sur le fait que la question me paraît appeler des recherches nouvelles, et avant tout la solution du problème suivant dont voici l'énoncé purement analytique :

« Étant donné un entier n, déterminer $\frac{n(n-1)}{2}$ constantes α_{ik} ($i=1, 2, \ldots, n$; $k=1, 2, \ldots, i-1$) telles que, si l'on pose

$$(1) \qquad f(x, y) = \sum_{i=1}^{i=n} \sum_{k=1}^{i-1} \alpha_{ik}(x_i y_k - x_k y_i),$$

il *ne soit pas* possible de déterminer des valeurs positives ou nulles, mais non *toutes* nulles, des variables $y_1, y_2, \ldots, y_n$ ayant la propriété suivante : les α et les y étant ainsi choisis, la fonction $f(x, y)$ ne peut pas prendre de valeurs négatives pour des valeurs positives des variables $x_1, x_2, \ldots, x_n$,

(1) Séance du 26 décembre 1923.

(2) *Comptes rendus*, 19 décembre 1921.

quelle que soit la manière dont sont choisies ces valeurs positives. Cette détermination des α_{ik} est-elle possible? »

Dans la Note citée plus haut, j'ai montré que la réponse est négative, c'est-à-dire qu'on ne peut pas déterminer les α lorsque n est inférieur ou égal à 5. J'inclinerais à croire, d'après les calculs que j'ai faits et que M. Robert Deltheil a poursuivis de son côté, que la réponse est également négative pour $n = 7$. Il me semble cependant à peu près certain que la réponse doit devenir affirmative lorsque n est suffisamment grand. Il y aurait intérêt, d'une part, à donner de cette présomption une démonstration rigoureuse et d'autre part à fournir effectivement au moins un système de valeurs des α_{ik} satisfaisant aux conditions imposées, pour une valeur de n aussi faible que possible.

Il est à peine besoin de rappeler l'interprétation géométrique que l'on peut donner de l'équation (1) pour $n = 4$; peut-être l'étude des propriétés géométriques analogues dans les espaces à plus de trois dimensions (1) pourrait-elle être utilisée pour la solution de la question posée.

GÉOPHYSIQUE. — *Organisation d'une expérience sur la propagation du son jusqu'aux grandes distances. Effets divers produits par de puissantes explosions.* Note (2) de M. **G. Bigourdan.**

La grande guerre a été l'occasion d'innombrables explosions de grandes décharges d'artillerie, qui ont attiré l'attention sur leurs effets à diverses distances; et l'on a particulièrement étudié la propagation du son qui les accompagne.

Pour continuer ces études, on songea immédiatement à utiliser les grandes quantités d'explosifs qu'il y aurait à détruire après guerre. En 1919 le Bureau des Longitudes fut saisi de la question; mais diverses circonstances empêchèrent alors le projet d'aboutir, malgré les excellentes dispositions rencontrées chez les officiers chargés de cette destruction d'explosifs. Il a été repris en 1923, principalement sous l'impulsion de l'Institut de Physique du Globe de l'Université de Paris, dirigé par M. Maurain, professeur à la Faculté des Sciences, et de M. le commandant Bloch, de l'État-Major de l'Armée. Les conditions de l'expérience ont été étudiées

(1) J'ai abordé l'étude de ces propriétés dans un Mémoire fort ancien sur l'équation adjointe et sur certains systèmes d'équations différentielles (*Annales de l'École Normale*, 1892).

(2) Séance du 26 décembre 1923.

par un *Comité* d'organisation comprenant des représentants des Services de l'Armée et de la Marine, — de l'Office National Météorologique, — de l'Office National des Recherches et Inventions, — des Instituts de Physique du Globe de Paris et de Strasbourg.

Aujourd'hui les préparatifs d'exécution sont déjà commencés, et les explosions doivent être produites dans cinq mois, en mai 1924. Il y a donc lieu de faire connaître dès maintenant les grandes lignes du projet, particulièrement dans le but de susciter des observateurs bénévoles qui, nous l'espérons, seront très nombreux; car telle est la condition pour tirer des explosions projetées tous les résultats qu'on en peut espérer.

Outre quelques explosions d'étude, il y aura trois explosions portant chacune sur 10 tonnes d'explosif nu, placé à la surface du sol; elles auront lieu vers le centre du camp de la Courtine, situé près de la limite des départements de la Creuse et de la Corrèze, à 22^{km} NNE d'Ussel. La préparation des trois explosions demandant un certain temps, on a décidé que ces explosions auraient lieu en trois points différents, dont les distances mutuelles sont d'environ 500^{m}. Les coordonnées géographiques du centre de ces trois points sont :

Lat. N : 45°44',8; Long. : 2°14',7 E. Gr. ou 0°5',5 W de Paris.

Il a paru utile de produire ces explosions à des intervalles de temps suffisants pour que la situation météorologique ait des chances de changer, — et à des heures différentes de la journée, car il existe une variation diurne pour la plupart des éléments météorologiques.

Les dates, jours et heures arrêtés pour les trois explosions sont les suivants :

Première explosion : 15 mai 1924 (jeudi) à $19^{h}30^{m}$ t. civil;
Deuxième explosion : 23 mai 1924 (vendredi) à 20^{h} t. civil;
Troisième explosion : 25 mai 1924 (dimanche) à 9^{h} t. civil.

Les heures exactes (à peu de minutes près) seront annoncées quelques semaines avant les expériences, et encore l'avant-veille et la veille. Chaque observateur pourra régler sa montre ou son chronomètre sur les signaux horaires de la Tour Eiffel.

Le Comité d'organisation s'est assuré le concours d'observateurs répartis en principe sur les huit azimuts principaux du point d'explosion, à des distances diverses, et munis d'appareils inscripteurs ou autres. Mais en outre il est très désirable qu'un grand nombre d'observateurs bénévoles y prennent part.

L'oreille est un récepteur très sensible, et de bonnes observations peuvent être faites à l'audition seule. Des appareils simples mais assez sensibles peuvent également être employés utilement, tels que dispositifs manométriques, baromètres enregistreurs, etc.

L'observation de l'onde sonore peut être faite, dans des circonstances favorables, à des distances de plusieurs centaines de kilomètres du point de départ.

L'ébranlement du sol, qui se transmet plus rapidement que celui de l'air, peut être enregistré par des sismographes à de grandes distances du même point. A des distances assez faibles on peut même observer l'ébranlement du sol, soit directement, soit au moyen de dispositifs mécaniques rudimentaires et que chacun pourra réaliser facilement.

Les mêmes explosions pourront être utilisées pour l'étude des effets autres que les phénomènes sonores ou les actions mécaniques, par exemple pour les *actions physiologiques*; et les savants spécialisés sont particulièrement invités à observer ces effets.

L'expérience est entièrement préparée et exécutée par les soins des Services militaires, et l'on ne saurait trop les remercier du dévouement à la Science dont ils ont fait preuve. Pour les observations qui devraient être faites à petite distance du lieu des explosions, il y aura lieu de demander une autorisation : Les Services ou personnes qualifiés qui envisageraient de telles observations devront s'adresser à l'Institut de Physique du Globe (176, rue de l'Université, Paris, 7e) qui centralise les demandes, et qui également centralisera les résultats; toutes les personnes qui feront des observations (quels qu'en soient les résultats, positifs ou *négatifs*) sont priées de bien vouloir les lui adresser. M. Maurain, directeur de cet Institut, a rédigé les instructions sommaires suivantes sur les dispositions à prendre et sur les observations à faire :

1° *Heure* aussi exacte que possible. La Tour Eiffel fera autant que possible, outre ses signaux horaires habituels qui sont envoyés à 9^h30^m, — 10^h45^m, — 22^h45^m, des signaux horaires spéciaux un peu avant les expériences. Prière d'étudier les chronomètres et montres, c'est-à-dire d'en déterminer la marche au préalable. Indiquer si possible avec quelle précision est donnée l'heure de l'observation.

2° *Direction* d'où semble venir le son (en direction horizontale et en hauteur).

3° *Intensité* du son. On peut utiliser l'échelle suivante, déjà employée dans des enquêtes analogues : 1. Presque inaudible, même pour un obser-

vateur prévenu. — 2. Assez audible. — 3. Audible, même pour un observateur non prévenu. — 4. Assez fort. — 5. Fort et inquiétant. — 6. Effrayant. — 7. Accompagné de battement de fenêtres ou portes. — 8. Faisant impression de tremblement de terre.

Il peut arriver que le passage de l'onde soit inaudible, mais décelé par divers phénomènes (mouvement de vitres, de fenêtres, etc.).

4° *Caractère* du son. Unique, redoublé, roulement, etc.

5° *Circonstances météorologiques* au moment de l'observation : direction et vitesse du vent, état du ciel, direction des nuages, température.

NAVIGATION ET MÉTÉOROLOGIE. — *Particularités inédites des baisses barométriques dans les observatoires, sur le passage des cyclones et des typhons.* Note (1) de M. F.-E. Fournier.

1. Les cyclones et les typhons sont des tourbillons atmosphériques, animés d'une vitesse de translation d'ensemble et qui entretiennent, à leur base, sur le niveau terrestre, *une aire de dépressions centrales* dont le contour extérieur déborde, concentriquement, celui du tourbillon, jusqu'à une limite où règne une pression culminante uniforme P.

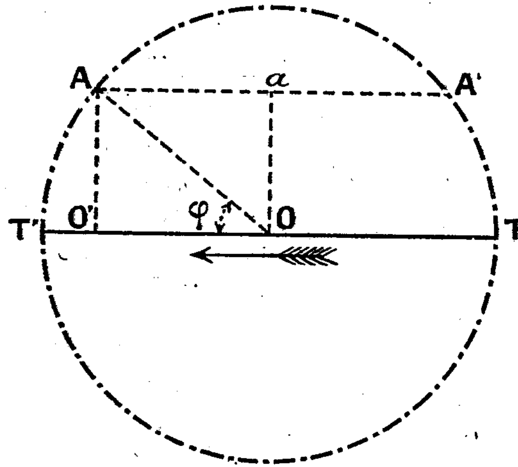
La baisse barométrique, $P - p$, qui est donc *nulle*, sur ce contour limite, augmente intérieurement, le long de chacun de ses rayons, jusqu'à son centre, O, où elle atteint *sa plus grande valeur absolue*, $P - p_m$.

2. Dans le cas où l'observateur stationnant au point A, du niveau terrestre (*fig.* 1), à la distance quelconque $AO' = AO.\sin\varphi$, de la trajectoire centrale TOT' d'un de ces tourbillons atmosphériques, y est atteint par le contour, de rayon, OA, de l'aire des dépressions de ce météore, les baisses barométriques, qu'il voit s'y succéder, sont celles qui se trouvent échelonnées le long de la corde AA', parallèle à la trajectoire centrale, TOT', du tourbillon. Ces baisses barométriques augmentent, depuis leur valeur initiale, $P - p = O$, jusqu'à *la plus grande* $(P - p_a)$, enregistrée à la station A, quand y arrive le *milieu a* de la corde, AA', son point le plus rapproché du centre O de la base du tourbillon et elles diminuent ensuite en reprenant les mêmes valeurs, à égales distances du point A, pendant que le point *a* s'en éloigne.

3. Supposons que cet observateur porte, *d'heure en heure*, sur du papier *quadrillé en millimètres*, les baisses barométriques, $P - p$, à mesure qu'il

(1) Séance du 26 décembre 1923.

les enregistre, en les prenant *pour ordonnées*, en même temps que les heures correspondantes, t, pour *abscisses;* et en convenant d'attribuer, toujours, à ces coordonnées, *par exemple :* une *longueur de* 10^{mm}, pour *chaque millimètre* de baisse barométrique; avec une *longueur de* 20^{mm} pour *chaque intervalle d'une heure*. Il obtiendra, ainsi, une succession de points lui permettant de tracer la courbe continue, $P - p = f(t)$, de ces baisses barométriques, $P - p$.



4. *Toutes* les courbes ainsi tracées présentent les particularités suivantes :

1° Elles comprennent *deux branches symétriques*, de part et d'autre de l'ordonnée $(P - p_a)$, de leur sommet commun S : la première étant *ascendante*, et la seconde *descendante*.

2° D'autre part, la *branche ascendante*, la seule donc à envisager dans cette analyse, est composée : d'un *arc convexe*, dont la pente θ, *sur l'échelle des heures*, croît, depuis son *minimum* $\theta_0 = 0$, à son origine s_0, où $P - p = 0$, jusqu'à son *maximum* θ_1, à son extrémité supérieure, s_1, où $P - p = P - p_1$, et il se raccorde, au delà, par un *arc concave*, $s_1 s$, au sommet s.

3° Dans ces conditions, la *courbure de cet arc convexe* étant *nulle*, à ses deux extrémités *rectilignes* s_0 et s_1, atteint son *maximum* au point intermédiaire x, où $P - p = P - p_x$ et dont la pente θ_x est liée à son *maximum* θ_1, par le rapport $\frac{\theta_x}{\theta_1} = \frac{1}{2}$.

4° Enfin, ce *maximum* θ_1 est *d'autant plus grand* et *voisin* de sa *limite absolue* 90°, que l'angle φ, dont il dépend nécessairement, est *plus petit* et *voisin* de sa limite absolue $\varphi = 0$.

5. Or, ces particularités, *communes* à *tous les arcs convexes* des courbes barométriques, $P - p = f(t)$, sont satisfaites par une même expression générale de θ revêtant la forme caractéristique

$$(1) \qquad \theta = (90^\circ - \varphi)\left[\frac{P-p}{P-p_1}\right]^{\frac{\log 2}{\log(P-p_1) - \log(P-p_x)}},$$

car on en déduit directement les relations

$$(2) \qquad \varphi = 90^\circ - \theta_1, \qquad \text{pour} \qquad P - p = P - p_1,$$

et

$$(3) \qquad \varphi = 90^\circ - 2\theta_x, \qquad \text{pour} \qquad P - p = P - p_x.$$

De plus, l'expression (2) de φ se trouve confirmée par le fait, qu'en l'identifiant à l'expression (3), on en déduit le rapport $\frac{\theta_x}{\theta_1} = \frac{1}{2}$.

6. Cette relation (3) pourrait être utilisée avantageusement : par exemple, sur un navire ayant dû prendre la *cape d'observation*, suivant les règles, sous les premières atteintes d'un cyclone, ou d'un typhon. Il suffirait alors, en effet, d'y tracer, avec les *pressions barométriques p*, ayant été enregistrées, à défaut de P, dans cette allure de stationnement, la courbe de leurs grandeurs décroissantes, *en la limitant à son point x, où sa courbure serait maximum*, de manière à déduire, de sa pente correspondante $\theta_{x'}$, au moyen de la formule $\varphi = 90^\circ - 2\theta_x$, l'angle φ qu'il importe au commandant d'obtenir, en pareil cas, *le plus tôt possible*, afin de reconnaître, en le portant sur la figure 1, *quelle allure définitive il doit adopter*, pour n'exposer son bâtiment qu'aux risques les moins redoutables.

7. Dans les *observatoires*, on pourrait tirer également parti, d'une façon analogue, de la relation $\varphi = 90^\circ - 2\theta_x$, pour obtenir φ *le plus tôt possible* et y prévenir, en conséquence, en temps utile et en connaissance de cause, de l'approche des cyclones ou des typhons dont ils subissent les atteintes, les régions vers lesquelles ils paraissent se diriger.

Nota. — Une prochaine publication complétera les indications nouvelles de cette Note, et en confirmera les conclusions par des exemples probants de courbes barométriques tracées par des observatoires différents sur le passage de ces météores.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur des vestiges de glaciation quaternaire dans la région de Telouet (Haut Atlas marocain).* Note [1] de M. **Louis Gentil**.

L'existence possible de glaciers quaternaires dans le Haut Atlas marocain a suscité la curiosité de bien des explorateurs. Déjà Washington, auteur d'un voyage scientifique en 1830 [2], en a l'intuition. Maw, le géologue de l'expédition de J. D. Hooker et J. Ball [3], puis Joseph Thomson [4] reviennent fréquemment sur cette question : ces explorateurs indiquent même des vestiges de moraines dans les régions élevées de la chaîne, notamment à Arround dont le vaste cirque est barré, sur une hauteur de plus de 100^m, par une accumulation de blocs et de boues dont il serait difficile d'expliquer la présence sans faire intervenir les phénomènes glaciaires. Ch. de Foucauld est allé plus loin lorsqu'il a admis [5], d'après les dires indigènes, qu'il devait exister des neiges éternelles dans les régions élevées, voir même au djebel Siroua qu'il n'a pas essayé d'aborder, sans doute à cause de son déguisement juif qui lui en interdisait l'accès.

Je crois avoir montré, dès ma première exploration au Maroc, qu'il fallait renoncer à l'idée de Ch. de Foucauld : j'ai traversé le Siroua dans toute sa largeur en franchissant le col de Tizi n Ougdour, en mars 1905 [6], et je me suis rendu compte qu'il ne pouvait pas y avoir de neiges persistantes sur ce massif. J'ai même cru pouvoir affirmer, dans mes travaux ultérieurs, que nulle part dans les parties les plus élevées de l'Atlas marocain il ne devait y avoir de neiges éternelles et par suite de névés.

J'ai cependant toujours été convaincu que si l'Atlas marocain était actuellement dépourvu de glaciers, si l'Atlas tellien n'offrait même aucune trace de glaciations anciennes, — quoiqu'on en ait un moment supposé dans le massif de la Grande Kabylie — du moins le Haut Atlas marocain, prolongement de l'Atlas saharien, avait-il dû, dans ses parties culminantes, être couvert de glaciers à l'époque quaternaire. J'ai toujours, en effet,

---

(1) Séance du 26 décembre 1923.

(2) *Journal of the R. Geogr. Soc. London*, 1830-1831, p. 123-155.

(3) *Journal of a Tour in Marocco and the Great Atlas*, London, Macmillan and C°, 1878.

(4) *Travels in the Atlas and Southern Marocco*, London, George Philip and Sons, 1889.

(5) *Reconnaissance au Maroc* (1883-1884), Paris, 1888, Challamel et Cie, édit.

(6) *Explorations au Maroc*. Paris, 1906, Masson, édit.

conservé une impression assez nette, à ce point de vue, de ma traversée du Haut Atlas par le col de Tizi n Tar'rat en 1905; mais ce voyage effectué dans des conditions très pénibles et sous une tempête de neige, ne m'avait pas permis de faire certaines observations indispensables.

Je comptais reprendre cette étude en 1907 lorsque des événements retentissants m'ont contraint de renoncer à l'exploration de ces régions élevées dont j'ai repris l'exploration au printemps dernier.

Aux mois de mars et avril 1923 j'ai pu effectuer deux traversées de la haute chaîne en partant de Marrakech, d'abord par le col de Tizi n Telouet d'où j'ai ensuite côtoyé le flanc méridional du Haut Atlas jusqu'aux sources de l'oued Sous; puis, après avoir approché le Zjebel Siroua et touché l'Anti-Atlas à Zagmouzen, je suis revenu à mon point de départ après avoir franchi la chaîne au col de Tizi n Ouïcheddene.

Ce voyage m'a permis de faire de nombreuses observations sur des sujets assez divers. Je désirerais, dans cette Note, entretenir plus spécialement l'Académie de la présence de vestiges de glaciers quaternaires, de part et d'autre du col de Telouet.

C'est de ce côté, il me semble, que doit être résolue cette question qui n'a pas seulement un intérêt géologique et géomorphogénique, mais aussi une portée au point de vue de la climatologie de la période quaternaire.

Le col de Telouet (Tizi n Telouet) se trouve à l'altitude de 2460^{m}, sur la ligne de partage du réseau hydrographique de l'oued R'dat affluent de l'oued Tensift qui se jette dans l'océan Atlantique, au sud de Safi, et de l'Asif Imar'ren (oued Mellah) tributaire de l'oued Drâ qui se jette à la mer au cap Noun.

Les deux aspects de la chaîne, de part et d'autre du col, sont bien différents. Le flanc septentrional est surtout constitué par les poudingues, grès et argiles rouges, avec gypses salifères, du Permo-Trias et de puissantes coulées et des tufs volcaniques contemporains de ces dépôts. La puissance de ces couches est telle que toute la vallée de l'oued R'dat demeure dans ces terrains jusqu'aux approches de la plaine du Haouz qui est bordée par une bande de terrains crétacés. Ce n'est que dans la partie supérieure de la vallée qu'affleure le soubassement des couches rouges, formé de schistes et de grès quartziteux primaires.

Sur le revers méridional de la chaîne les mêmes couches rouges, avec roches volcaniques, forment la crête et le bassin supérieur de l'Asif Imar'ren; mais à partir de la Casba de Telouet; les terrains crétacés forment un plateau aride, incliné en pente douce jusqu'aux plaines désertiques du Drâ. Ce plateau est découpé par des cours d'eaux qui, comme l'Asif Imar'ren, suivent la ligne de plus grande pente.

L'action glaciaire s'est exercée des deux côtés du col, avec une intensité sensiblement différente. Nous allons séparément en étudier les effets :

1° *Cirque glaciaire de l'Asif n Aït Rbâ.* — Sous ce nom se développe,

dans un bassin de réception de plus de 3^{km} de diamètre, le réseau supérieur de l'oued R'dat.

En remontant le cours de l'oued, on pénètre dans ce cirque par une vallée très encaissée, entaillée dans des schistes verdâtres ou lie de vin, avec lits de grès superposés à des schistes et quartzites siluriens; plus haut, ce sont des schistes noirs, charbonneux.

Il est possible que cette épaisse série schisteuse représente le Dinantien. Elle forme un anticlinal très marqué sur les tranches duquel reposent, en discordance, les grès rouges permo-triasiques. Ceux-ci s'élèvent jusqu'au col et forment le djebel Tistouït (3227^{m}) qui domine la dépressiou au nord-est.

Le cirque est creusé dans cet ensemble. Son profil transversal est remarquable en ce que les parois marginales se relèvent assez brusquement vers la verticale; d'autres éléments viennent compléter sa structure.

A l'entrée resserrée du cirque, entre 1800^{m} et 1900^{m} d'altitude, se montrent, à l'état sporadique sur les schistes primaires, de gros blocs de grès rouge de toutes dimensions, souvent de plusieurs mètres cubes, aux angles émoussés et offrant parfois des traces très nettes de poli. Ces blocs sont noyés dans un mélange d'argile et de sable provenant de la trituration de roches schisteuses et gréseuses. On voit, un peu plus haut, dans la coupure du ravin et à la base de cette formation, à Ider, un véritable conglomérat de ces dépôts, sorte d'*argile à blocaux*.

La rivière actuelle a profondément entaillé ces dépôts et leur soubassement schisteux, le thalweg se trouvant à environ 50^{m} plus bas.

A environ 1970^{m} d'altitude, un champ de pierres, de 200^{m} sur 500^{m} d'étendue, se montre dans des conditions analogues et l'on retrouve ces dépôts sur les schistes charbonneux à Tatoula, à peu près à la cote 2050.

Ces lambeaux de terrasses où sont accumulés des blocs de grès rouges, à angles émoussés mais non roulés, se montrent dispersés au fond du cirque.

On se rend compte qu'ils ne sont pas en relation avec les éboulis de grès des flancs abrupts dc la dépression et, si l'on essaye de les relier par la pensée, on voit qu'ils appartiennent à un ancien fond assez plat, actuellement profondément raviné et partiellement déblayé par le réseau hydrographique de l'Asif n Aït Rbâ.

On trouve là tous les caractères morphologiques du *cirque glaciaire*. Les arois de ce cirque ont été façonnées sur le versant schisteux en une série de gradins dont les marches sont formées de bancs de grès intercalés dans des schistes primaires, tandis que la pente se raidit en montant vers le col : elle est presque verticale sur le flanc sud-ouest du djebel Tiztouït.

Il résulte clairement de ces observations que le cirque de l'Asif n Aït Rbâ est d'origine glaciaire. Le bassin de réception de l'oued R'dat a été,

à un moment indéterminé de l'époque quaternaire, comblé par des névés dont l'accumulation a pu former un *glacier suspendu* qui a surcreusé la dépression primitivement fluviale pour lui donner le profil caractéristique du cirque actuel, abstraction faite de l'érosion récente.

Il est possible encore qu'un *lac glaciaire* ait momentanément existé après la fonte des glaces ou des névés, mais la moraine frontale qui formait barrage a dû être rapidement entaillée par le déversoir du lac, puis par le réseau de l'Asif n Aït Rbâ qui n'a pas tardé à s'élargir.

2° *Cirque glaciaire de la vallee de Telouet.* — La crête du Haut Atlas qui est franchie au Tizi n Telouet est séparée du plateau crétacé qui forme la plus grande partie du versant sud de la chaîne par une vallée sensiblement dirigée NE-SW. Celle-ci est faiblement arrosée par un réseau dont les principales branches, l'Asif n Amassine, qui coule au pied de la Casba Caïd el Glaouï, et l'Asif n Ouarg confluent pour former l'Asif n Imar'ren qui coule vers le Drâ. Cette vallée, à fond plat, forme une sorte de cuvette de 4^{km} à 5^{km} de largeur et une vingtaine de kilomètres de longueur. Elle est couverte de pierres, parfois de blocs énormes, sur de vastes étendues, du moins dans sa partie orientale, et les berbères, habitués à de rudes besognes, n'ont pas craint de fertiliser cette plaine caillouteuse par l'irrigation, en supprimant les plus gros blocs pour aménager de mauvaises terres de labour.

Aux environs de la Casba de Dar el Glaouï, l'une des plus importantes de l'Atlas, ces blocs, parfois énormes et polis par friction, avec arêtes émoussées, sont presque exclusivement formés de grès rouges permiens et la topographie indique qu'ils ne peuvent provenir que de la crête du Tizi n Telouat et du djebel Tistouït, en faisant abstraction d'une bande de roche volcanique qui borde, au nord, la plaine de Telouet.

Le versant méridional du col de Telouet a, en effet, la forme d'un vaste cirque, aux parois abruptes, creusé dans les grès rouges et barré, en aval, par des bancs puissants de laves et de tufs volcaniques qui sont intercalés dans les grès et argiles de base des couches rouges permiennes. Le fond du cirque est encombré de blocs de grès parfois énormes, avec arêtes émoussées, et l'on retrouve les mêmes roches en amont de la barre volcanique à travers laquelle un affluent de l'Asif n Amassine s'est ménagé un passage assez étroit.

Il me semble nécessaire d'admettre que les blocs ou cailloux de grès ont été transportés, depuis la crête du Haut Atlas jusqu'à la plaine de Telouet, *par-dessus la barre volcanique*, ce qui ne peut se comprendre que si le véhicule de ces fragments de roches a été de l'eau solide.

Il est non moins nécessaire de supposer, ici, que le cirque de Telouet n'était pas seulement envahi par des névés, mais par des glaces qui pro-

gressaient du Nord-Est vers le Sud-Est pour abandonner la plus grande partie de leurs moraines dans la plaine de Telouet.

La barre volcanique formait *verrou* sous le glacier et, après le retrait des glaces, l'érosion fluviale l'a rapidement entamé pour creuser le défilé de Toumjicht et délaver les moraines abandonnées dans la plaine. Elle a même isolé des buttes-témoins, entaillées dans des argiles gréseuses permiennes et couronnées par des dépôts morainiques. Parfois, le façonnement des pentes de ces buttes a provoqué des éboulements de gros blocs qui peuvent offrir des chaos pittoresques.

Un autre glacier du même genre a dû fonctionner plus à l'Est, en contact avec celui de Tizi n Telouet; ce deuxième glacier est descendu des flancs du djebel Ar'aïz. La vallée de Menguet qu'il parcourait est traversée, dans toute sa longueur, par une puissante masse de roches volcaniques permiennes. De fait, la partie de la plaine située à l'est du Dar el Glaoui est encombrée de matériaux presque exclusivement formés de cailloux de roches volcaniques descendus de Menguet, tandis que, plus à l'ouest, ainsi que nous l'avons déjà vu, ceux-ci laissent place à des cailloux de grès rouges.

Ainsi l'existence à l'époque quaternaire, de glaciers suspendus ou de glaciers de cirque sur les deux versants du Haut Atlas, dans la région de Telouet, apparaît comme indiscutable. La glaciation était certainement plus importante au sud qu'au nord ; si l'on en juge par la plus grande abondance des matériaux entraînés, de ce côté, par la progression des glaces. Mais, tandis que la moraine frontale du cirque de l'Asif n Aït Rbâ est descendue jusqu'à près de 1800^{m} la plaine où se trouve les moraines abandonnées des glaciers de Telouet n'est guère au-dessous de 2000^{m}.

Il semblerait en résulter quela différence de climat sur les deux versants, plus humide sur le flanc septentrional de la chaîne, était déjà accusée à l'époque quaternaire qui a vu s'épanouir les glaciers de la région de Telouet.

On peut se rendre compte, en outre, par le travail de l'érosion fluviale postérieure à la fonte des glaces, que la période correspondante n'est pas très éloignée de l'époque actuelle. Elle peut remonter à la fin du Quaternaire moyen ou même au Quaternaire supérieur.

Il en résulte que l'Homme préhistorique a vraisemblablement pu voir simultanément des volcans en activité comme celui de Timhadit dont j'ai relevé l'existence chez les Beni Mguild (Maroc Central), et des glaciers dans le Sud-Marocain, dans le Haut Atlas.

GÉOLOGIE. — *Les premières Nummulites dans l'Éocène du Béarn.* Note [1] de M. **H. Douvillé.**

Les environs de la gare de Gan, au sud de Pau, sont particulièrement intéressants, par suite du développement qu'y présentent les couches les plus anciennes de l'Éocène. J'avais eu l'occasion d'étudier les récoltes faites par M. Stuart Menteath lors de la construction du chemin de fer [2]; elle était composée principalement de Nummulites et j'avais montré que ces couches devaient être attribuées à l'Éocène inférieur [3]; il était naturel de leur rattacher le gisement de Bos d'Arros, situé à quelques kilomètres, plus à l'Est, et aujourd'hui perdu; j'ai développé un peu plus tard cette manière de voir [4].

Dans ces dernières années, il s'est produit un fait nouveau : le développement des travaux d'une tuilerie au sud de la gare de Gan a mis à découvert des couches très fossilifères. Un zélé géologue de Pau, M. O'Gorman, a suivi ces travaux avec persévérance; il a pu y recueillir une faune très riche en mollusques fossiles et remarquable par la belle conservation des échantillons; elle vient d'être décrite par M. Cossmann [5], qui a montré ses affinités incontestables avec le Cuisien, confirmant ainsi l'âge que j'avais attribué à ces couches d'après l'étude des Nummulites des gisements voisins, Bos d'Arros et tranchées du chemin de fer.

Il était intéressant d'examiner les Nummulites de ce nouveau gisement; je l'ai visité récemment sous la conduite de M. O'Gorman, qui a bien voulu également me communiquer ses récoltes. Comme il l'avait très bien reconnu, les couches de la Tuilerie correspondent à l'assise n° 2 de la coupe de M. Stuart Meuteath, et sont inférieures aux couches plus franchement sableuses qui s'étendent de la gare de Gan au poudingue de Palassou; c'est sur le prolongement de ces couches sableuses supérieures que se

(1) Séance du 26 décembre 1923.

(2) St. Menteath et H. Douvillé, *Le terrain éocène de Bos d'Arros* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 594).

(3) H. Douvillé, *C. R. Soc. Géol.*, 7 avril 1913.

(4) *L'Éocène inférieur de l'Aquitaine et sa faune de Nummulites* (*Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 609). — *L'Éocène inférieur en Aquitaine et dans les Pyrénées* (*Mém. Carte géol. détaillée de la France*, 1919).

(5) *Le gisement cuisien de Gan*, par M. O'Gorman; *Description des Mollusques*, par M. Cossmann. Pau, 1923.

trouve le gisement de Bos d'Arros; celui de la Tuilerie est donc en réalité un peu plus ancien. Ce qui m'a frappé immédiatement lors de ma visite, c'est la pauvreté relative de sa faune rhizopodique, par comparaison avec celle de Bos d'Arros et aussi la petitesse des échantillons : les grandes formes du groupe *Nummulites irregularis-distans* font défaut, de même que *N. Lucasi*; on ne récolte que de très rares échantillons des *N. Murchisoni*, *atacicus*, *granifer*, et seulement dans les niveaux les plus élevés. La faune est essentiellement constituée par *Ortophragmina Archiaci*, *Assilina granulosa-Leymeriei* de petite taille, *N. planulatus*, assez fréquent, et par de très nombreuses petites Nummulites granuleuses qni paraissent constituer une espèce nouvelle. Les plus grosses ont de 4^{mm} à 5^{mm} de diamètre et elles sont associées à d'autres beaucoup plus petites, dont la taille ne dépasse pas 2^{mm}; ces deux formes constituent un couple. La plus grande, microsphérique B (*fig.* 1 à 4), pourrait être au premier abord confondue avec *N. Lucasi*; elle présente comme elle des granules dans la région apicale, mais ils sont moins développés et surtout distribués sans régularité ; je propose de désigner cette espèce nouvelle sous le nom de *N. parvus*; la présence des granules ne permet pas de la confondre avec *N. globulus*, qui lui ressemble par sa taille et par sa forme. Sa compagne mégasphérique A se distingue immédiate-

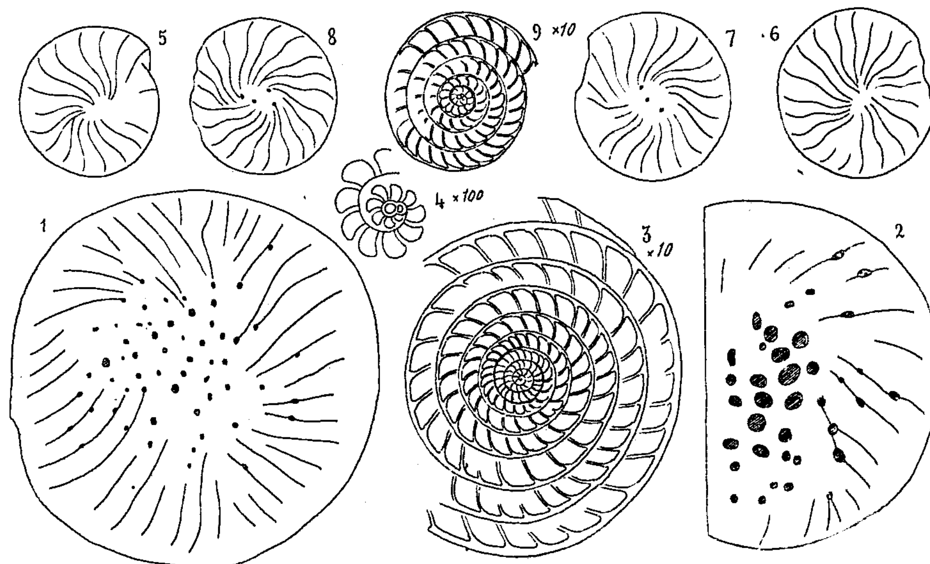


Fig. 1 à 3, *N. parvus* de la tuilerie de Gan, vues extérieures et coupe équatoriale (gr. 10 fois). — Fig. 4, le même, embryon et premières loges (gr. 100 fois). — Fig. 5 à 9, *N. parvulus*, de la tuilerie de Biron (gr. 10 fois).

ment de *N. Lucasi* A par sa taille beaucoup plus petite (diamètre : 2^{mm}) et par la rareté ou même l'absence des granulations; elle est bien caractérisée par ses filets un peu écartés et sinueux (*fig.* 5 à 9); je l'appellerai *N. parvulus*.

De petits échantillons macrosphériques analogues se rencontrent dans un grand nombre de gisements; on les a généralement confondus sous la dénomination de *N. Guettardi*. L'espèce a été proposée en 1853 par d'Archiac pour des échantillons de 2^{mm},5 à 3^{mm} de diamètre provenant des cailloux siliceux du Bolonais, des marnes de Crimée et d'Égypte. De la Harpe l'a étudiée à plusieurs reprises en 1877, 1879 et 1883; il considère comme types les échantillons de Crimée, un peu plus grands (3^{mm} à 4^{mm} de diamètre) et il signale l'espèce notamment à Vence, La Mortola et Gibret dans les couches à *N. perforatus* (*aturicus*), à Bos d'Arros et enfin en Égypte où, dit-il, les échantillons « les plus voisins du type » se rencontrent dans les couches à *N. intermedius*, c'est-à-dire dans l'Oligocène. L'espèce aurait ainsi une très grande extension verticale; mais il faut reconnaître que dans ces petites formes les caractères distinctifs ne sont pas toujours faciles à saisir. En outre, nous savons aujourd'hui qu'il est nécessaire de faire intervenir d'autres considérations : les formes mégasphériques A sont, en effet, associées à des microsphériques B, plus grandes, plus faciles à caractériser et c'est ce couple qui constitue en réalité l'espèce. Or dans les couches de Crimée, *N. Guettardi* est associé avec une forme B, *N. rotularius*, et l'espèce doit être désignée comme *Guettardi-rotularius*.

D'un autre côté si l'on se reporte à la Monographie de d'Archiac, on voit qu'il existe à côté de *N. Guettardi* une forme très voisine et qui n'en diffère que par la présence d'un mamelon apical, c'est *N. Ramondi*, var. *d*, que l'auteur rapporte explicitement à *N. mamilla*, Fichtel et Moll, espèce qui a été reprise par d'Orbigny et par Prever. Cette forme est très abondante dans l'Éocène inférieur de l'Ariège où elle est associée avec la microsphérique *N. globulus*, d'où un nouveau couple *mamilla-globulus*. Or d'Archiac réunit *rotularius* et *globulus*; moi-même je n'ai pas cru devoir séparer les compagnes mégasphériques de *N. globulus* suivant qu'elles ont un mamelon apical (*loc. cit.* (1), *Pl. I*, *fig.* 9 à 11) ou qu'elles en sont dépourvues (*fig.* 6 à 8). On pourrait donc se demander si les deux couples

(1) *L'Éocène inférieur en Aquitaine et dans les Pyrénées* (*Mém. Carte géol.*, 1919).

en question sont réellement distincts spécifiquement; provisoirement il semble plus pratique d'appeler *N. mamilla* les petites formes mégasphériques avec mamelon apical, qui accompagnent *N. globulus*, et de réserver le nom de *Guettardi* pour celles qui en sont dépourvues.

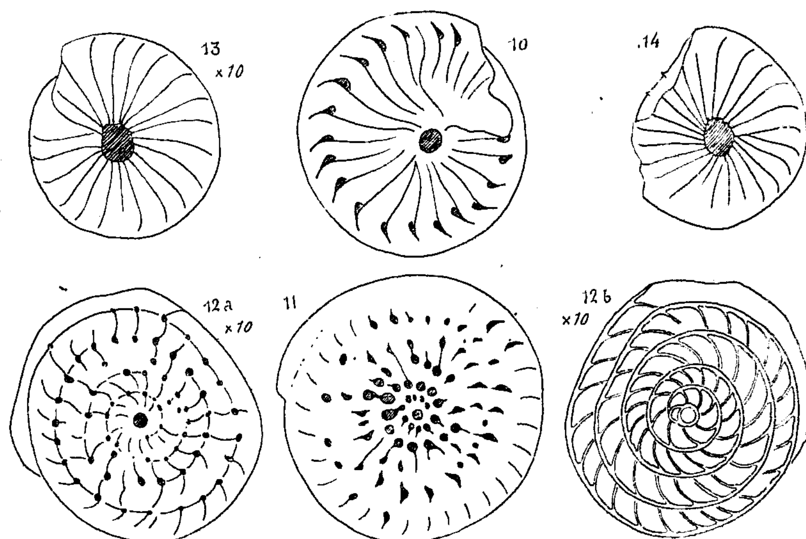


Fig. 10, *N. prelucasi*, de Bos d'Arros. — Fig 11, *N. Lucasi*, de Bos d'Arros, section parallèle près de l'équateur. — Fig. 12, *N. Lucasi*, de Bos d'Arros, deux sections d'un même échantillon par le plan équatorial et près de ce plan. — Fig. 13 et 14, *N. mamillinus*, de la tuilerie de Biron (toutes ces figures gr. 10 fois).

Ainsi caractérisé, *N. Guettardi* paraît assez rare dans les couches de Bos d'Arros; les échantillons que j'avais figurés sous ce nom (*loc. cit.*, *Pl. I*, *fig.* 1 à 5) présentent, comme le montre la figure ci-jointe (*fig.* 10) des caractères assez particuliers : le diamètre (3^{mm},3) est analogue et il existe à l'apex un mamelon rappelant *N. mamilla*, mais les filets présentent un épaississement notable, un véritable granule, au-dessus du cordon marginal du tour précédent; c'est une granuleuse qui, par la disposition régulière de ses granules, se rapproche de *N. Lucasi*; ils sont toutefois bien moins développés et seulement marginaux ; on pourrait distinguer cette forme comme *N. prelucasi*.

Si, pour *N. Lucasi*, on se reporte soit aux figures originales, soit aux topotypes figurés par Boussac en 1911 et par moi-même en 1919 (*oc. cit.*, *Pl. I*, *fig.* 24, 25, 32 à 35), on reconnaît qu'il sont caractérisés par de gros granules occupant au moins toute la partie centrale; si l'on use progressivement des échantillons analogues, on voit ses granules se disposer au centre

en spirale régulière au-dessus de la corde marginale (*fig.* 11). Dans certains variétés (*loc. cit.*, *Pl. I*, *fig.* 28 à 31) cette disposition est encore plus accentuée et persiste jusqu'au bord de l'échantillon.

J'ai figuré deux coupes d'un même échantillon de Bos d'Arros où cette disposition est bien caractérisée, une coupe par le plan médian (*fig.* 12*b*) et une coupe parallèle (*fig.* 12*a*). Dans cette espèce les formes mégasphériques A sont quelquefois presque aussi grandes que les microsphériques B; c'est encore un caractère distinctif.

A Bos d'Arros, comme dans les couches supérieures de Gan, j'ai montré que cette espèce est accompagnée d'une faune rhizopodique nombreuse et variée, bien plus développée qu'à la Tuilerie; je citerai seulement *N. granifer*, *N. pustulosus*, *N. irregularis*, *N. distans*.

Nous avons reconnu, avec M. O'Gorman, l'existence d'une faune de même âge à la tuilerie de Biron, près Orthez : *N. Lucasi* y est bien caractérisée, avec *N. planulatus*, dans le découvert de l'exploitation; ces deux espèces sont associées à de très nombreuses Nummulites granuleuses : les formes microsphériques de 14^{mm} à 17^{mm} de diamètre sont variables de forme, tantôt minces et à bord presque tranchant, tantôt renflées et à bord plus ou moins arrondi; les filets sont méandriformes, bien plus contournés que dans *N. granifer*, les granules sont de même développés à la fois sur les filets et entre les filets mais ils sont plus petits, bien plus nombreux et plus serrés; ils arrivent quelquefois à couvrir toute la surface; ce sont les caractères de *N. uroniensis*, Heim. Les mégasphériques qui les accompagnent n'ont guère que 5^{mm} de diamètre. Elles sont associées à des formes beaucoup plus petites dont le diamètre n'excède pas 2^{mm}. Celles-ci se rencontrent par myriades dans l'argile exploitée au fond de la carrière; les unes présentent les caractères du *N. parvulus* de Gan, les autres avec leur bouton médian et leurs filets plus raides se rapprochent de *N. mamilla*. Elles s'en distinguent par leur taille toujours plus petite, je propose de les distinguer comme *N. mamillinus* (*fig.* 13 et 14).

Ces deux très petites formes, associées à des Operculines de même taille, sont distribuées dans l'argile, à la manière des Globigérines dans la craie, et l'on pourrait penser qu'elles représentent le plancton, dans cette région, à l'époque de l'Eocène inférieur.

Ces deux formes mégasphériques *parvulus* et *mamillinus* semblent bien représenter les plus anciennes Nummulites de la région; la première phase du développement correspondrait à la formation des microsphériques *parvus* et *globulus* et à la constitution des deux premiers couples.

L'évolution se continuerait par l'augmentation progressive de la taille : *planulatus* dont la forme A, telle que je l'ai figurée en 1919 (*loc. cit.*, p. 49, *fig.* 6) rappelle singulièrement *N. parvulus*, — *atacicus* avec ses granuleuses *granifer* et *uroniensis*, — *irregularis*, *distans*, etc.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles recherches sur la formation d'acides organiques par le* Sterigmatocystis nigra *en milieux déséquilibrés*. Note [1] de M. **Marin Molliard.**

J'ai montré dans une Note antérieure [2] que le *Sterigmatocystis nigra*, mis en présence d'une dose normale de saccharose et de substances azotée et minérales à doses réduites, oxyde le glucose produit et le transforme en acide gluconique; je reviens aujourd'hui sur ce phénomène pour préciser la nature et la quantité des acides organiques qui apparaissent dans des milieux de culture ainsi déséquilibrés. Le liquide normal que j'ai employé dans toutes ces recherches, et qui ne comporte qu'un seul sel pour chaque élément, est ainsi constitué :

Eau	q. s.	150^{cm^3}
Saccharose		7^g
AzO^3AzH^4		0,534
PO^4KH^2		0,142
$SO^4Mg + 7H^2O$		0,061
$SO^4Fe + 7H^2O$		0,007
$SO^4Zn + 7H^2O$		0,007

Si l'on désigne par Σ le saccharose et par M l'ensemble des quatre dernières substances on peut représenter ce liquide par le symbole

$$\Sigma \frac{AzO^3AzH^4}{1} \cdot \frac{M}{1};$$

pour étudier la formation des acides organiques et faire le départ entre l'action de l'aliment azoté et celle des matières minérales j'ai tout d'abord considéré les milieux qu'on peut représenter par

$$\text{(I)} \qquad 2\Sigma \frac{AzO^3AzH^4 . M}{n}$$

---

(1) Séance du 26 décembre 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 881.

et

(II) $$2\Sigma \frac{\mathrm{Az\,O^3\,Az\,H^4}}{n} \cdot \frac{\mathrm{M}}{1},$$

où j'ai fait n successivement égal à 5, 10, 25, 50 et 100; dans la suite je les désignerai encore par I_5, I_{10}, ...; II_5, II_{10}, ...

Dans le tableau qui suit j'ai porté les résultats des analyses des différentes cultures, développées à la température de 35°-36° et âgées de 5 à 90 jours; ils se rapportent aux poids de mycélium desséché, à l'acidité totale exprimée en centimètres cubes d'une solution normale, aux quantités d'acide citrique précipité à l'état de citrate de plomb, aux quantités d'acide gluconique calculées en admettant que l'acidité totale est uniquement due à la présence des acides citrique et gluconique, ce qui a été établi pour le cas des cultures les plus caractéristiques, enfin aux quantités de sucre réducteur consommé; notons que dans aucune de ces cultures je n'ai pu mettre en évidence la moindre trace d'acide oxalique.

	I. $\left(2\Sigma \frac{\mathrm{Az\,O^3\,Az\,H^4.\,M}}{n}\right)$.					II. $\left(2\Sigma \frac{\mathrm{Az\,O^3\,Az\,H^4}}{n} \frac{\mathrm{M}}{1}\right)$.				
Durée (jours).	Poids du mycélium (mg).	Acidité (cm³N).	Acide citrique (mg).	Acide gluconique (mg).	Sucre consommé (mg).	Poids du mycélium (mg).	Acidité (cm³N).	Acide citrique (mg).	Acide gluconique (mg).	Sucre consommé (mg).
					Valeur de n : 5.					
5.....	1422	13,44	0	2634	8074	1144	4,48	0	878	4094
10.....	2122	22,50	422	3118	12122	1898	8,48	0	1662	7684
20.....	2759	36,16	1476	2567	14280	2433	8,64	31	1599	10291
30.....	3076	37,80	2070	1070	14740	2594	12	123	1976	13286
40.....	3095	36,80	2355	0	»	2863	8,52	64	1474	13970
50.....	3154	3,5	223	0	»	2853	8,96	45	1618	14395
					Valeur de n : 10.					
10.....	980	10,24	0	2006	5824	1290	8,64	0	1693	5684
20.....	1783	12,48	124	2054	8971	1416	8,96	110	1419	7719
30.....	1995	33,76	368	5490	13390	1548	17,44	540	1764	9531
40.....	2042	20	479	2456	14292	1597	21,44	652	2207	10940
50.....	2184	34,08	1540	1964	13547	1843	43,52	2130	2008	12732
60.....	2076	20	606	2062	14740	1781	19,52	713	1642	13362
75.....	2021	12,80	190	1928	»	1785	13,12	353	1492	13676
90.....	2050	9,92	0	1944	»	1903	11,48	237	1525	14740

Durée (jours).	I. $\left(2\Sigma \frac{Az_2O^3 AzH^4.M}{n}\right)$. Poids du mycélium (mg).	Acidité (cm³N).	Acide citrique (mg).	Acide gluconique (mg).	Sucre consommé (mg).	II. $\left(2\Sigma \frac{AzO^3 AzH^4}{n} \frac{M}{1}\right)$. Poids du mycélium (mg).	Acidité (cm³N).	Acide citrique (mg).	Acide gluconique (mg).	Sucre consommé (mg).
					Valeur de *n* : 25.					
10.....	674	36,48	25	7074	9233	541	8,32	39	1511	2998
20.....	863	37,60	195	6774	10668	646	10,72	152	1637	3540
30.....	997	37,28	207	6674	11436	765	11,04	248	1405	4612
40.....	1008	36,80	355	6127	12563	824	18,72	650	1680	5684
50.....	1145	38,72	509	6031	12700	847	19,72	711	1688	6881
60.....	934	29,60	1018	2685	12691	675	23,52	938	1739	7996
75.....	830	30,08	1059	2960	12853	624	20,96	1113	700	9081
90.....	1065	28,96	911	2887	13610	877	37,35	2244	449	11997
					Valeur de *n* : 50.					
5.....	175	22,80	0	4469	4607	263	6,08	36	1082	1966
10.....	264	21,12	0	4140	5339	318	9,12	72	1568	2340
20.....	351	25,92	0	5080	6307	286	9,60	201	1266	2940
30.....	409	26,88	82	5018	7020	400	20,16	804	1490	4434
40.....	491	20,16	113	3606	7324	424	22,72	927	1615	4612
50.....	565	22,40	149	3934	7940	496	33,60	1639	1566	6480
60.....	485	24,64	520	3238	8215	321	13,04	595	735	6544
75.....	340	24,40	458	3381	8650	262	10,22	454	613	6788
90.....	410	20,80	410	2822	9358	358	9,20	352	726	7178
					Valeur de *n* : 100.					
5.....	»	»	»	»	»	134	5,76	0	1129	1490
10.....	123	23,04	0	4516	4610	183	7,20	0	1411	2320
20.....	169	24,32	0	4767	5207	227	8,64	58	1517	2454
30.....	214	25,60	20	4957	5724	229	10,08	113	1631	2726
40.....	232	25,28	118	4594	6130	258	19,84	515	2312	3624
50.....	241	27,20	212	4682	7320	246	17,60	578	1680	5347
60.....	180	22,72	256	3669	7540	173	22,01	848	1717	7243
75.....	296	20,64	481	2573	7693	360	27,68	1169	1846	8440
90.....	308	17,28	187	2815	7690	341	14,98	455	1542	7466

Les résultats consignés dans ce tableau amènent à formuler les conclusions suivantes :

Les poids de mycélium obtenus dans les deux séries présentent, à partir d'une réduction égale à $\frac{1}{25}$, une valeur minima correspondant à une durée de 60-75 jours; on observe ensuite une élévation notable de la récolte, phé-

nomène qui est vraisemblablement la conséquence d'une autolyse du mycélium, suivie d'une reprise de la végétation due à la formation d'ammoniaque et de substances minérales à partir des matières organiques antérieurement édifiées.

La diminution de récolte avec des valeurs croissantes de *n* est loin d'être proportionnelle à la réduction opérée.

Pour la série I ce sont les cultures I_{25} qui offrent les plus grandes valeurs de l'acidité totale; celle-ci se trouve acquérir sa valeur maxima au bout de 10 jours, ce qui correspond sensiblement à la transformation de tout le glucose provenant du saccharose introduit. Pour des réductions plus faibles ou plus fortes les quantités d'acide gluconique deviennent moins considérables et leur maximum est réalisé au bout d'un temps plus long.

Quant à l'acide citrique, dont les quantités sont d'autant plus grandes que la réduction est plus faible, il ne commence à apparaître qu'au bout de 10-30 jours et passe par un maximum qui est absolument indépendant de celui de l'acide gluconique; ce fait explique que dans certaines séries (I_{10}, I_{50}) on constate l'existence de deux maxima pour l'acidité totale. La formation de l'acide citrique paraît être un phénomène tout à fait distinct de celle de l'acide gluconique et correspondre à un ensemble de conditions différent.

Les poids de mycélium obtenus dans la série II se trouvent être toujours inférieurs à ceux de la série I; l'augmentation des substances minérales par rapport à l'aliment azoté diminue donc l'utilisation plastique du sucre.

Sauf pour la réduction de $\frac{1}{5}$, les cultures de la série II produisent notablement plus d'acide citrique et toujours moins d'acide gluconique que celles de la série I.

C'est donc surtout à la réduction de l'aliment azoté qu'il convient de rapporter la production d'acide gluconique; pour achever de fixer ce point j'ai réalisé deux nouvelles séries de cultures dans des milieux qui peuvent se représenter par

(III) $$2\Sigma\frac{AzO^3AzH^4}{1}\cdot\frac{M}{25}$$

et

(IV) $$2\Sigma\frac{AzO^3AzH^4}{1}\cdot\frac{M}{100}.$$

Le champignon se comporte alors tout à fait différemment de ce que nous venons d'observer; il ne se produit que des traces ou pas du tout d'acide

gluconique et c'est de l'acide oxalique et de l'acide citrique qui apparaissent dans le milieu, ainsi qu'en témoigne le tableau suivant (le liquide de culture contenait, pour 150^{cm^3}, $0^g,471$ de nitrate d'ammonium au lieu de $0^g,534$) :

	III. $\left(2\Sigma \frac{AzO^3AzH^4}{1} \cdot \frac{M}{25}\right)$.					IV. $\left(2\Sigma \frac{AzO^3AzH^4}{1} \cdot \frac{M}{100}\right)$.				
Durée (jours).	Mycélium sec (mg).	Acidité (cm^3N).	Acide oxalique (mg).	Acide citrique (mg).	Sucre consommé (mg).	Mycélium sec (mg).	Acidité (cm^3N).	Acide oxalique (mg).	Acide citrique (mg).	Sucre consommé (mg).
2.....	580	3,04	0	0	1495	»	»	»	»	»
4.....	700	3,68	0	0	3051	»	»	»	»	»
10.....	1016	4,16	0	0	5745	381	3,04	0	0	1389
20.....	1600	11,84	38	423	11761	460	23,52	560	327	3443
30.....	1524	8,08	124	254	14271	544	36,00	744	1079	5146
40.....	1348	10,72	260	80	14740	654	38,08	616	1185	6154
100.....	»	»	»	»	»	1312	30,56	700	1162	8337

Les poids de mycélium obtenus sont très notablement supérieurs à ceux qui correspondent à ceux de la série I et l'utilisation du sucre est plus rapide; l'augmentation de l'azote assimilable détermine donc une récolte plus abondante, ce qui concorde d'ailleurs avec les résultats fournis par la comparaison des séries I et II.

Pour la série III, on observe une faible production d'acide oxalique et d'acide citrique; elle devient beaucoup plus abondante dans la série IV et il en résulte une acidité totale de l'ordre de celle que l'on observe pour la série I.

L'observation la plus générale que suggère l'ensemble des résultats obtenus consiste à faire ressortir les variations considérables qui se produisent dans la physiologie d'une cellule vivante suivant la valeur du rapport dans lequel lui sont offerts les différents éléments nutritifs, la réduction d'azote provoquant la formation des acides gluconique et citrique, celle de l'ensemble des substances minérales la formation des acides oxalique et citrique.

MÉCANIQUE. — *Sur la résonance de l'arbre d'un moteur à explosion à plusieurs manivelles entraînant un volant ou un organe récepteur. Influence de l'accouplement élastique.* Note [1] de M. **André Blondel.**

Si le moteur a un grand nombre de manivelles, on peut avoir une solution approximative du problème [2] en remplaçant l'arbre manivelle par un arbre fictif de même longueur l avant même inertie totale, mais répartie sous forme d'une inertie constante i par unité de longueur et même élasticité, mais répartie uniformément. Supposons calculé le couple de torsion C de l'ensemble de l'arbre (couple nécessaire pour produire une torsion de l radian entre les deux bouts de l'arbre), on la représentera par un facteur convenable, soient g le coefficient d'élasticité de glissement, i le moment d'inertie polaire de la section, ρ la densité de la matière, i_1 le coefficient de Saint-Venant applicable à la forme de la section fictive choisie qui en général ne sera pas circulaire [3]. On posera $gi_1 = \mathrm{C}l$.

On appellera de même q par unité de longueur un couple uniformément réparti qui remplace les couples réels $\Sigma\Gamma_n$ des harmoniques n en concordance de phase.

Si l'on appelle x la distance mesurée le long de l'arbre à partir de son extrémité libre, A l'amplitude des oscillations angulaires en un point de l'arbre (amplitude que j'avais représentée dans ma précédente Note par α, mais qu'il est préférable de figurer par A pour bien montrer que c'est une amplitude), et par Θ l'amplitude des variations de l'angle, le système d'équations (6) de ma précédente Note donne pour les grandeurs uniformément réparties :

$$\Theta\, dx = -\frac{\partial \mathrm{A}}{\partial x}\, dx, \tag{1}$$

$$g i_1 \frac{d\Theta}{\partial x}\, dx - \omega^2 \rho i \mathrm{A} = -q. \tag{2}$$

---

[1] Séance du 26 décembre 1923.

[2] *Comptes rendus*, t. 177, 3 décembre 1923, p. 1171. Erratum à cette note : dans la première formule, *au lieu de* $\frac{n^2\mathrm{T}^2}{\tau^2}$, *lire* $\frac{\mathrm{T}^2}{n^2\tau^2}$.

[3] Voir la Note de Saint-Venant, n° 156, p. 239, de l'ouvrage « Résistance des Matériaux » de Navier. — J'ai donné des exemples de calculs de i_1 dans certains cas particuliers à propos de la théorie des Oscillographes, dans l'*Éclairage électrique*, t. 36, 1903, p. 326.

On en déduit l'équation différentielle du système

$$(3) \qquad g i_1 \frac{\partial^2 A}{\partial x^2} + \omega^2 \rho i A\, dx = - q\, dx.$$

L'intégrale de l'équation sans second membre sera, en appelant A_1 l'amplitude des oscillations angulaires au bout libre de l'arbre, s une constante de propagation des oscillations

$$(4) \qquad A = A_1 \cos p x = A_1 \cos \omega s x,$$

avec

$$(5) \qquad p = \omega s; \quad \text{et} \quad s = \sqrt{\frac{i\rho}{g i_1}}.$$

L'intégrale d'équation avec second membre sera

$$(6) \qquad A = A_1 \cos p x - \frac{q}{g i_1} \frac{x^2}{2};$$

et le couple, au point x, qu'on appellera G :

$$(7) \quad G = -g i_1 \frac{\partial A}{\partial x} = q x + p g i_1 A_1 \sin n x = q x + p g i_1 A_2 \operatorname{tang} p x = q x + R A_2 \operatorname{tang} p x$$

en posant, pour simplifier l'écriture,

$$(7\ bis) \qquad R = p g i_1 = \omega \sqrt{i i_1 \rho g},$$

car pour $l = 0$, A doit se réduire à A_1 et G à zéro. Ces conditions limites montrent qu'il ne doit y avoir ni terme en x, ni terme constant.

I. *Cas d'un arbre contenant un volant ou un récepteur accouplé rigidement.* — A l'extrémité opposée de l'arbre, c'est-à-dire à sa jonction avec le volant d'inertie I_2, l'écart angulaire A et le couple appliqué au volant G_l se déduisent des formules précédentes en y faisant $x = l$, d'où

$$(8) \qquad A_2 = A_1 \cos p l; \qquad G_l = q l + R A_2 \operatorname{tang} p l.$$

Les équations (7) et (7 *bis*) caractérisent l'état variable de l'arbre au point où sa fatigue sera la plus grande, c'est-à-dire au nœud des oscillations $\left(x = \frac{\pi}{2p}\right)$, cette fatigue s'obtiendra en divisant le couple G par le moment d'inertie de la section *réelle* de l'arbre en ce nœud; la longueur l sera au contraire comptée jusqu'à l'extrémité de l'arbre traversant le coussinet près du volant.

Si le moteur entraîne un volant d'inertie I_2 (y compris tous organes

récepteurs, on en déduira immédiatement une seconde équation entre G et A_2 :

$$(9) \qquad G + \omega^2 I_2 A_2 = 0;$$

A_1, A_2 et C sont ainsi donnés par les équations simultanées (7), (8) et (9), d'où l'on déduit, en posant $pl = \Sigma\Gamma_n$:

$$(10) \qquad A_2 = \frac{\Sigma\Gamma_n}{\omega^2 I_2 + R \operatorname{tang} pl},$$

$$(11) \qquad A_1 = \frac{\Sigma\Gamma_n}{(\omega^2 I_2 + R \operatorname{tang} pl)\cos pl} = \frac{\Sigma\Gamma_n}{\omega^2 I_2 \cos pl + R \sin pl},$$

$$(12) \qquad G = \frac{\omega^2 I_2 \Sigma\Gamma_n}{\omega^2 I_2 + R \operatorname{tang} pl} = \frac{\Sigma\Gamma_n}{1 + \frac{R \operatorname{tang} pl}{\omega^2 I_2}}.$$

Il y aura résonance du système toutes les fois que le dénominateur de ces expressions s'annulera, ce qui permet d'écrire la condition de résonance, qui détermine la vitesse critique ω,

$$(13) \qquad \omega^2 I_2 + R \operatorname{tang} pl = 0 \qquad \text{ou} \qquad \omega I_2 = \sqrt{\rho g i_1 i_2} \operatorname{tang} \omega s l.$$

Cette équation, transcendante par rapport à ω, peut être résolue par tâtonnements ou en prenant l'intersection de deux courbes

$$y = \omega i^2$$

et

$$y' = -\sqrt{\rho g i_1 i_2} \operatorname{tang} \omega s l$$

rapportées à la variable commune ω.

Les racines ω obtenues correspondent à des valeurs de $\omega s l$ comprises entre $\frac{4\pi}{2}$ et 3π, ...; il faut donc que la longueur de l'arbre soit plus grande qu'un quart d'onde ou trois quarts d'onde, etc. des oscillations de torsion d'un solide indéfini ayant même section que cet arbre [1]. Comme on le verra plus loin, l'addition d'un accouplement élastique peut donner une valeur négative à l'inertie et permettre, par conséquent, la résonance sur un arbre de longueur inférieure au quart d'onde qui correspond à la fréquence $\frac{n}{T}$ des couples.

---

[1] Ceci explique que la rupture de l'arbre, qui doit avoir lieu au *nœud* d'oscillation, où G est maximum, se produit toujours non pas au droit du volant ou de son palier, mais sur la manivelle immédiatement voisine. La rupture à la jonction du volant se produirait si l'inertie de celui-ci devenait infinie, cas traité plus loin.

II. *Cas d'un accouplement élastique.* — Appelons, comme dans ma Note précédente, C_2 le coefficient de torsion équivalent à l'accouplement élastique, I_2 l'inertie du volant et du premier plateau de l'accouplement élastique qui sont fixés sur l'arbre moteur, I_3 l'inertie de l'organe récepteur augmentée de celle du second plateau de l'accouplement élastique. L'équation (9) sera remplacée par les trois dernières équations de ma précédente Note du système d'équations (4) :

$$(14)\qquad \left\{\begin{array}{ll} G + \omega^2 I^2 A_2 - C_2 \Theta_2 = 0, & \\ A_2 - A_3 - \Theta_2 & = 0, \\ C_2 \Theta_2 + \omega_2 I_3 A_3 & = 0, \end{array}\right.$$

dans lesquelles G est encore le couple au bout encastré de l'arbre, A_3 l'amplitude d'oscillation angulaire de l'organe récepteur, Θ_2 l'angle de déplacement entre les plateaux de l'accouplement élastique, C_2 le coefficient de torsion de cet accouplement. L'élimination de Θ_2 entre ces trois équations donne la relation

$$(15)\qquad \frac{A_2}{G} = -\frac{C_2 - \omega^2 I_3}{C_2 \omega^2 (I_2 + I_3) - \omega^2 I_1 I_2} = -\frac{1 - \dfrac{\omega^2 I_3}{C_2}}{\omega^2 (I_2 + I_3)\left(1 - \dfrac{\omega^2 K}{C_2}\right)},$$

en posant, comme dans la précédente Note,

$$(16)\qquad \omega = \frac{2\pi n}{T}, \qquad K = \frac{1}{\dfrac{1}{I_2} + \dfrac{1}{I_3}}, \qquad \tau = 2\pi\sqrt{\frac{K}{C_2}}, \qquad T_3 = 2\pi\sqrt{\frac{I_3}{C_3}}.$$

Posons, d'autre part,

$$(17)\qquad I' = I_2 + I_3, \qquad \zeta = 1 - \frac{\omega^2 I_1}{C_1}, \qquad T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{I_1}{C_1}}$$

et

$$(18)\qquad \sigma = \frac{\beta}{\xi} = \frac{1 - \left(\dfrac{nT_3}{T}\right)^2}{1 - \left(\dfrac{n\tau}{T}\right)^2};$$

d'où

$$\frac{I'}{\sigma} = (I_2 + I_3)\frac{1 - \left(\dfrac{n\tau}{T}\right)^2}{1 - \left(\dfrac{nT_3}{T}\right)^2}.$$

La relation (15) peut alors être mise sous la forme simplifiée

$$(19) \qquad \frac{A_2}{G} = -\frac{1-\dfrac{n^2T^2}{T^2}}{\omega^2 I'\left(1-\dfrac{n^2\tau^2}{T^2}\right)} = -\frac{\sigma}{\omega^2 I'}.$$

Cette équation exprime que par rapport au moteur l'inertie du système volant-accouplement-récepteur équivaut à un volant d'inertie $\frac{I'}{\sigma}$ [équ. (18)], Quand la vitesse ω croît en partant de zéro (mise en vitesse du moteur). T_3 et τ croissent, tandis que τ reste toujours inférieur à T_3 (d'autant plus que I_2 est plus petit par rapport à I_3). *L'inertie équivalente* $\frac{I'}{\sigma}$ croît donc de zéro à l'infini, puis devient négative et croît à nouveau de $-\infty$ à zéro (quand $n\tau = T$), et au delà, en restant positive.

1° *Rappel du cas de l'inertie du moteur entièrement concentrée au milieu de l'arbre rigide.* — Dans ce cas, on tire des premières équations (4) de ma précédente Note la valeur de A_2 sous la forme (20) au lieu de (19) :

$$(20) \qquad A_2 = \frac{G\left(1-\dfrac{\omega^2 I_1}{C_1}\right) - \Gamma_n}{\omega^2 I_1} = \frac{\zeta G - \Gamma_n}{\omega^2 I_1}.$$

De (19) et (20), on déduit les valeurs suivantes de A_2 et de G :

$$(21) \qquad A_2 = \frac{\Gamma_n}{\omega^2\left(I_1 + I'\dfrac{\zeta}{\sigma}\right)}; \qquad G = \frac{\Gamma_n I'}{\sigma I_1 + \zeta I'}.$$

En annulant (22), on retrouve l'équation de résonance :

$$22) \qquad \frac{I_1}{\zeta} + \frac{I'}{\sigma} = 0.$$

Pour que les deux termes de (22) soient de signe différent, il faut et il suffit qu'un nombre impair des facteurs β, ξ, ζ soit négatif. L'annulation d'un seul facteur seulement la résonance d'une partie du système.

2° *Cas actuel de l'arbre à inertie et élasticité uniformément réparties.* — L'équation (19) n'est pas modifiée, car le système volant-accouplement-récepteur conserve l'inertie équivalente $\frac{I'}{\sigma}$.

L'équation (20) est remplacée par l'équation (9); on a ainsi les deux

équations simultanées :

(23)
$$\begin{cases} (R\,\text{tang}\,pl)\,A_2 - G = -\Sigma\Gamma_n, \\ \omega^2 I' A_2 + \sigma G = 0. \end{cases}$$

La première ne diffère de l'équation (20) que par la valeur de $\zeta = 1$ et par la substitution au facteur $\omega^2 I_1$ d'un facteur $R\,\text{tang}\,pl$; tout se passe donc comme si l'arbre fictif considéré avait une *inertie* équivalente concentrée égale à $\frac{R\,\text{tang}\,pl}{\omega^2}$, ou $\frac{\sqrt{ii_1\rho g}}{\omega}\,\text{tang}\,\omega\sqrt{\frac{\rho i}{g i_1}}$. On en déduit

(24)
$$\begin{cases} A_2 = -\dfrac{\Sigma\Gamma_n}{R\,\text{tang}\,pl + \dfrac{\omega^2 I'}{\sigma}}, \\ G = \dfrac{\Sigma\Gamma_n I'\omega^2}{\sigma R\,\text{tang}\,pl + \omega^2 I'} = \dfrac{\Sigma\Gamma_n}{1 + R\,\text{tang}\,pl\dfrac{\sigma}{\omega^2 I'}}, \\ A_1 = \dfrac{A_2}{\cos pl} = \dfrac{\Sigma\Gamma_n}{R\sin pl + \dfrac{\omega^2 I'}{\sigma}\cos pl}. \end{cases}$$

L'équation de résonance (22) est remplacée par (25) ou (25 *bis*).

(25)
$$\left(\frac{R\,\text{tang}\,pl}{\omega^2}\right) + \frac{I'}{\sigma} = 0,$$

(25 *bis*)
$$\left[1 - \left(\frac{n\tau}{T}\right)^2\right]\sqrt{ii_1\rho g}\,\text{tang}\,\omega s l + \omega(I_2 + I_3)\left[1 - \left(\frac{nT_3}{T}\right)^2\right] = 0.$$

On reconnaît l'équation transcendante (13) dans laquelle on a substitué $\frac{I'}{\sigma}$ à I_2; mais, pour qu'elle soit satisfaite, il n'est plus nécessaire que pl soit plus grand que $\frac{\pi}{2}$, car I' peut être négatif, si une seule des valeurs τ ou T_3 est plus grande que la période nT des couples harmoniques Γ_n.

(25 *bis*) peut être résolue facilement en traçant, par rapport à la variable ω portée en abscisses, les deux courbes

$$y = \omega(I_2 + I_3)\left[1 - \left(\frac{nT_3}{T}\right)^2\right],$$
$$y' = -\sqrt{ii_1\rho g}\left[1 - \left(\frac{n\tau}{T}\right)^2\right]\text{tang}\,\omega l\sqrt{\frac{\rho i}{g i_1}};$$

leurs intersections donneront les vitesses de résonance ω.

Supposons-nous maintenant à la vitesse du régime *normal*.

Si l'arbre fictif est plus grand qu'un quart d'onde, $\text{tang}\,pl$ est négatif et,

par suite pour éviter la résonance, il y a avantage à faire σ négatif en prenant I_3 assez grand pour que nT_3 soit supérieur à T, tandis que $n\tau$ restera inférieur à T; au contraire, si l'arbre fictif est plus court qu'un quart d'onde, tangpl étant positif, on doit chercher à maintenir σ positif en prenant simultanément $n\tau < T$ et $nT_3 < T$, ou $n\tau > T$ et $nT_3 > T$.

Dans ce dernier cas, qui est le plus usuel, si l'on constate une résonance pour certaines valeurs de I_2 et I_3, il faudra repousser plus loin la vitesse critique en diminuant τ par rapport à T_3, pour augmenter σ; et par conséquent on devra diminuer l'inertie I_2 placée sur l'arbre du moteur, en la reportant sur l'inertie I_3 du système *entraîné* par les ressorts de l'accouplement. A la limite, si l'on faisait $n\tau = T$ on aurait $\frac{I'}{\sigma} = 0$ et les deux extrémités de l'arbre du moteur seraient des ventres de l'oscillation A; où l'on obtiendrait $G = 0$.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Nouvelles données expérimentales sur la prévention, le traitement et l'étiologie de la conjonctivite aiguë à bacilles de Weeks.* Note (¹) de MM. Charles Nicolle, Paul Durand et E. Conseil.

Vaccination préventive. — 1° *Par vaccin.* — Une Note antérieure a montré qu'il était aisé de vacciner préventivement l'homme contre la conjonctivite aiguë à bacilles de Weeks au moyen de faibles doses de cultures mortes inoculées sous la peau. Deux sujets, ainsi traités, avaient résisté 14 jours après la dernière inoculation vaccinale, à une épreuve virulente pour le témoin.

Il était intéressant de chercher si cette immunité était *durable*. Les mêmes sujets, éprouvés de nouveau après un délai de 3 mois et demi, ont montré une immunité totale chez l'un d'eux, incomplète chez le second qui a contracté une conjonctivite bénigne après 9 jours d'incubation (2 jours chez le témoin). Avec des doses plus fortes de ce vaccin inoffensif, on obtiendrait sans nul doute une immunité plus longue.

2° *Par sérum.* — Ce sérum a été préparé par inoculations intraveineuses à un mouton de cultures vivantes de 24 heures sur agar au sang cuit. Ces inoculations ont été faites par séries de deux ou trois, à 5-8 jours d'intervalle, en commençant par un vingtième de culture pour atteindre 4 cultures (de deux souches); au total, le mouton a reçu 25 cultures (soit

(¹) Séance du 26 décembre 1923.

une masse microbienne égale à celle que représentent 25 milliards de bacilles typhiques).

Deux sujets, inoculés sous la peau avec 20^{cm^3} de ce sérum, ont résisté quatre jours plus tard à une instillation de deux gouttes d'une culture de bacille de Weeks, virulente pour le témoin.

Persistance du bacille de Weeks sur la muqueuse conjonctivale. — 1° *Après conjonctivite.* — Nous avons retrouvé le bacille de Weeks par culture sur agar au sang cuit (milieu électif) chez un sujet jusqu'au 33e jour après l'inoculation virulente (14e après la guérison); chez un autre (traité par le sérum), il persistait encore lors du dernier examen pratiqué 47 jours après la contamination (30 jours après la guérison).

2° *Sans conjonctivite.* — Chez un sujet vacciné par les cultures, le bacille de Weeks a été retrouvé jusqu'au 25e jour après l'épreuve ineffective. Des deux sujets vaccinés par le sérum, puis éprouvés sans résultat, l'un a montré pendant 18 jours la présence du bacille de Weeks, l'autre montrait encore ce microbe en cultures au 47e jour, date du dernier examen.

Cette longue persistance est remarquable. Le nombre des bacilles de Weeks que garde la conjonctive se réduit vite, il est vrai, à quelques unités; mais ces unités restent virulentes, ainsi que nous l'a prouvé l'inoculation de cultures, isolées d'un sujet, guéri depuis 21 jours, à un sujet neuf. Les larmes du même sujet, déposées sur une conjonctive saine, se sont montrées par contre inoffensives, en raison sans doute de la rareté des microbes virulents, rapidement chassés par les mouvements défensifs des paupières.

Il est également digne de remarque que la conjonctive des sujets vaccinés par le sérum supporte durant plusieurs semaines ensuite et sans réagir un microbe aussi virulent.

La recherche du bacille de Weeks dans le mucus nasal de sujets convalescents ou guéris ne nous a rien donné.

La persistance du bacille de Weeks virulent sur les conjonctives est à rapprocher de la conservation de la vitalité de ce microbe en cultures sur gélose molle au sang (plus de 4 semaines) et de celle de sa virulence sur nos milieux, malgré de nombreux repiquages (plus de 7 mois).

Rôle des mouches. — La mouche qui se pose sur une conjonctive saine, après avoir quitté une conjonctive malade, y porte le microbe de l'infection à la manière du doigt. Nous n'avions pas à vérifier un fait aussi évident. Nous avons cherché combien de temps des mouches, souillées par des larmes virulentes, se montraient capables de transmettre la maladie.

Ce temps est court; il est inférieur à 6 heures (contagion expérimentale et cultures négatives), sans doute même à 4 heures (contagion expérimentale négative, colonies rarissimes sur milieu électif).

Sérothérapie curative. — Nous n'avons, jusqu'à présent, essayé l'action thérapeutique de notre sérum de mouton que sur une douzaine de malades. Il nous a donné des résultats d'autant plus nets que la maladie était traitée plus tôt. Nous avons presque toujours noté une réduction de moitié dans la durée de la conjonctivite en cours et, sur trois cas où l'inoculation sérique a été faite lorsque la conjonctivite était encore unilatérale, deux fois l'autre œil, fatalement destiné à l'infection dans les conditions ordinaires et que nous avions en outre contaminé, est demeuré indemne.

Conclusions pratiques. — 1° La prophylaxie de la conjonctivite aiguë est réalisable par l'emploi du vaccin et du sérum spécifiques.

2° Son traitement est jnsticiable de l'action de ce sérum. Nous préparons un sérum de cheval, afin d'éviter la toxicité du sérum de mouton.

3° Il y a lieu de tenir compte, dans l'étude et la prophylaxie, de la longue persistance du bacille de Weeks virulent sur la conjonctive, après guérison.

NOMINATIONS.

L'**Université de Naples** invite l'Académie à se faire représenter aux fêtes du 7e centenaire de sa fondation.

M. **A. Lacroix** est désigné pour représenter l'Académie.

CORRESPONDANCE.

L'**École vétérinaire de Lyon**, MM. **Fayet**, **B. Jekhowsky** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur la *Fondation Loutreuil.*

M. le **Directeur de l'École vétérinaire d'Alfort** adresse un Rapport sur l'emploi de la subvention attribuée à cet établissement sur la *Fondation Loutreuil* en 1922.

Les **Universités de Wilno et de Poznan** adressent des félicitations à l'occasion du 25e anniversaire de la découverte du radium.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Flora balearica. Étude phytogéographique sur les îles Baléares*, par Herman Knoche. (Présenté par M. H. Lecomte.)

2° M. L. Patrizi. *Anciens problèmes. Solutions nouvelles :* I. *Monogénèse psychologique du crime;* II. *Théorie biologique du génie;* III. *Fatigue du cerveau et sa directe mesure.* (Présenté par M. Ch. Richet.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de Dirichlet harmonique* Note (1) de M. **Georges Bouligand.**

L'idée d'envisager une fonctionnelle dans le champ le plus large, où la continuité permet de l'étendre (2), s'applique au problème de Dirichlet, et permet dans les cas d'impossibilité signalés par M. Henri Lebesgue (3), de définir une solution, susceptible, en restant bornée, d'enfreindre parfois la condition aux limites en certains points de la frontière. Cette généralisation, aperçue par Henri Poincaré (4), se retrouve chez MM. B. Levi et G. Fubini (5) et revêt, dans l'œuvre de M. Zaremba, une forme extrêmement remarquable (6). Nous allons faire connaître les résultats qu'on peut obtenir dans cette voie, par des raisonnements élémentaires à partir de la fonction de Green, pour des domaines dont la frontière est *régulière*. c'est-à-dire satisfait aux conditions requises pour le succès de la méthode de Fredholm, exception faite de points isolés, ou de lignes en nombre fini. Cette analyse nous fournira en même temps l'occasion de préciser les conditions de possibilité du problème, au sens de la théorie classique.

---

(1) Séance du 26 décembre 1923.

(2) *Comptes rendus* 19 mars 1923; voir également *Bull. Sc. math.*, février et juillet 1923.

(3) *C. R. des séances de la Soc. math. de Fr.*, 1913, p. 17.

(4) *Amer. J. of math.*, t. 12, 1890, p. 228, lignes 9 et suiv.

(5) *Rendic. di Palermo*, t. 22, p. 293, 383; t. 23, p. 58, 300.

(6) *Bull. de l'Ac. d. Sc. de Cracovie*, juillet 1909.

M. Jacques Hadamard a songé le premier à étudier la fonction de Green dans sa dépendance avec la surface qui délimite le domaine. La propriété d'accroissement par dilatation qu'il a ainsi obtenue permet de définir, pour tout domaine jaugeable une fonction de Green au sens large, c'est-à-dire avec tolérance de la non-annulation quand l'un des points A, B, dont elle dépend, tend vers certains points de la frontière. Dans les conditions spécifiées, ce fait exceptionnel ne se produit qu'aux points et sur les arcs irréguliers. La dérivée normale $\frac{dG_A^M}{dn_M}$ s'accroît également lorsque, M et la frontière avoisinante restant fixes, le reste de la surface varie de manière que le domaine se dilate. Cette nouvelle fonctionnelle peut donc être étendue aux domaines qui nous intéressent à condition que M soit un point régulier de la frontière. On peut aussi montrer que l'intégrale de $\frac{dG_A^M}{dn_M}dS_M$, étendue à toute la frontière du domaine D, a un sens parfaitement déterminé, et qu'elle est égale à 4π, quel que soit le point A, intérieur à D ; que l'intégrale de $\frac{f(M)}{4\pi}\frac{dG_A^M}{dn_M}dS_M$ est une fonction harmonique et bornée de A, tendant vers $f(M_0)$ quand A tend vers un point régulier M_0 de la frontière : c'est la solution du problème de Dirichlet au sens large. Pour qu'un point irrégulier M_1, isolé ou emprunté à un arc irrégulier, soit prohibitif (c'est-à-dire pour que la solution au sens large ne tende pas vers $f(M_1)$ quand A tend vers M_1 par un chemin quelconque) il faut que l'intégrale de $\frac{dG_A^M}{dn_M}dS_M$ étendue à la frontière, moins une rondelle découpée par une sphère de centre M_1, ne tende pas vers zéro quand A tend vers M_1 ; ou encore qu'il existe une fonction harmonique et positive de A (dans le domaine d formé par les points de D intérieurs à une sphère de centre M_1), astreinte à s'annuler sur la frontière à proximité de M_1, sauf en M_1, siège d'une singularité d'indétermination. Il s'ensuit que les caractères prohibitifs sont de nature purement locale.

Appelons cône des tangentes en M_1 le domaine conique ouvert formé par les demi-droites joignant M_1 à un point M infiniment voisin, strictement inférieur à D. On peut affirmer que M_1 n'est pas prohibitif : *a.* si la section droite de ce domaine conique par une sphère de centre M_1 laisse subsister sur cette sphère un ensemble comprenant au moins une aire véritable (ce cas est déjà signalé par M. Zaremba) ; *b.* si elle laisse subsister un ensemble comprenant au moins un arc véritable. La démonstration repose sur la possibilité de majorer une fonction U, harmonique, positive et bornée

dans d, s'annulant sur sa frontière non sphérique, au moyen de la fonction douée des mêmes caractères dans un domaine conique d_1, de centre M_1, limité également à s et contenant d à son intérieur, quand cette fonction auxiliaire prend les mêmes valeurs que la première sur la portion de frontière sphérique commune d et à d_1, en s'annulant sur le reste de la frontière de d_1. Le théorème de Hilbert-Schmidt donne, pour la fonction auxiliaire, une représentation asymptotique, et montre que cette fonction tend vers zéro lorsqu'on tend vers M_1 ; il en est donc de même pour U. Ce raisonnement, immédiatement applicable au cas a, s'étend au cas b en recourant à une fonction de comparaison définie dans un domaine conique d_1 dont la section droite comprend toute la sphère, plus deux languettes au delà de l'arc mis en question : cette fonction, non uniforme en général, l'est dans d et y majore U, témoignant que U tend vers zéro quand on tend vers M_1. Mais ceci suppose essentiellement qu'on peut mener de M_1 deux petites portions de droite extérieures à D; pour aller plus loin, il faut recourir à la méthode donnée ici (14 mai) pour l'étude générale des singularités frontières.

Ainsi, en se limitant aux cas usuels, les rebroussements rentrants seront seuls prohibitifs, ou mieux susceptibles de présenter ce caractère. Soit M_1 un tel point où n'aboutit, pour un observateur intérieur à D, qu'une seule pointe de la frontière. Toute fonction harmonique, positive et bornée dans D, nulle sur sa frontière S à proximité de M_1, y possède une singularité d'indétermination. Les surfaces $V = m$ s'écartent progressivement de S quand m croît de o et ne se détachent de M_1 qu'à partir de $m > l$, en appelant l la borne supérieure d'indétermination. Pour $m \leq l$, elles offrent en M_1 la même disposition que S, avec la même demi-tangente de rebroussement, en tendant vers M_1 par toute direction distincte de cette demi-tangente, V tend vers l. Si A tend vers M_1, G(A, B) tend vers une fonction H(B). Si M_1 est le seul point irrégulier, la condition de possibilité du problème, au sens classique, pour la distribution $f(M)$, se traduit par

$$4\pi f(M_1) = \iint f(M) \frac{dH}{dn_M} dS_M.$$

Tout se passe comme si l'on imposait une valeur arbitraire à la fonction inconnue en un point strictement intérieur à D.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination d'une fonction analytique par ses valeurs sur un contour.* Note [1] de M. **J.-L. Walsh**, présentée par M. Hadamard.

Soit, dans le plan de la variable complexe, un contour C, fermé, sans points multiples, et qui ne s'étend pas à l'infini. Quand on connaît les valeurs sur C d'une fonction analytique $f(z)$, les valeurs de $f(z)$ sont déterminées à l'intérieur de C :

$$f(z) = \frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{f(t)}{t-z}, \tag{1}$$

l'intégrale de Cauchy étant prise dans le sens positif.

Mais on ne peut pas donner ces valeurs de $f(z)$ arbitrairement [2].

Le théorème suivant donne une condition concernant ces valeurs de $f(z)$ pour que la fonction $f(z)$ existe à l'intérieur de C, condition qui ne concerne que des points de C.

Soit C *un contour régulier* [3], *fermé, sans points multiples, et qui ne s'étend pas à l'infini. Soit une fonction $f(z)$ donnée sur* C *où elle satisfait à une condition lipschitzienne d'ordre un. Une condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe une fonction* $F(z)$ *analytique partout à l'intérieur de* C *qui prend les valeurs $f(z)$ sur* C *d'une façon continue, est que*

$$\int_C z^n f(z)\,dz = 0 \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots). \tag{2}$$

Si l'origine est à l'intérieur de C, *une condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe une fonction* $F(z)$, *analytique à l'extérieur de* C *et à l'infini, est que*

$$\int_C z^n f(z)\,dz = 0 \qquad (n = -2, -3, -4, \ldots). \tag{3}$$

Cette dernière fonction est nulle à l'infini quand (3) *a lieu pour* $n = -1$ *et réciproquement.*

---

[1] Séance du 26 décembre 1923.

[2] Par exemple, soit C le cercle $|z| = 1$, $f(z) = \frac{1}{z}$. L'intégrale (1) s'évanouit toujours si $|z| < 1$. Cet exemple est dû à M. Van Vleck. Voir Osgood, *Funktionentheorie*, 1912, p. 297.

[3] Osgood, *loc. cit.*, p. 51.

Les conditions du théorème sont évidemment nécessaires. Pour démontrer le réciproque, nous nous appuyons sur le théorème de Plemelj [1] :

Soit donnée une fonction $f(z)$ définie sur le contour C, *où elle satisfait à une condition lipschitzienne d'ordre* 1. *Il existe deux fonctions* $F_1(z)$ *et* $F_2(z)$ *analytiques respectivement à l'intérieur et à l'extérieur de* C, *continues dans ces domaines fermés, et telles que sur* C *on ait*

$$F_1(z) + F_2(z) = f(z). \tag{4}$$

La condition (2) ne dépend pas de l'origine. Prenons celle-ci à l'intérieur de C, et supposons que les équations (2) sont toutes satisfaites. On aura ainsi, pour la fonction $F_1(z)$ correspondante,

$$\int_C z^n F_1(z)\,dz = 0 \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots).$$

En vertu des équations (2) et la relation (4), il s'ensuit que

$$\int_C z^n F_2(z)\,dz = 0 \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots).$$

Mais on a au voisinage du point à l'infini

$$F_2(z) = \sum_0^\infty \frac{a_m}{z^m}, \qquad a_m = -\frac{1}{2\pi i}\int_C z^{m-1} F_2(z)\,dz.$$

C'est-à-dire que $F_2(z)$ se réduit à la constante a_0, et que la fonction

$$F(z) = F_1(z) + F_2(z)$$

est analytique à l'intérieur de C et prend les valeurs $f(z)$ sur C.

La dernière partie du théorème se démontre de même façon; on étudie le développement de $F_1(z)$ à l'origine.

Le théorème s'étend immédiatement au cas d'un domaine limité par plusieurs contours. Les intégrales (2) et (3) sont à étendre à toute la frontière du domaine, toujours au sens positif par rapport au domaine. Pour la démonstration, on n'a qu'à considérer les fonctions $F_1(z)$ et $F_2(z)$ de Plemelj qui correspondent à chaque contour.

Le théorème de Plemelj et notre théorème ont des applications au développement des fonctions analytiques en séries de polynomes [2].

---

(1) *Monatshefte für Mathematik und Physik*, t. 19, 1908, p. 205-210. Voir aussi Birkhoff, *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, t. 49, 1913-1914, p. 521-568.

(2) Voir M. Kakeya, *Tôhoku Mathematical Journal*, t. 5, 1914, p. 40-44.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation différentielle fonctionnelle.* Note [1] de M. **Paul Flamant**, présentée par M. Émile Borel.

J'ai étudié, dans le domaine des variables complexes, l'équation différentielle fonctionnelle linéaire

$$f'(x) = a(x) f\left(\frac{x}{\sigma}\right) + b(x).$$

Les données sont les fonctions $a(x)$, $b(x)$, et le nombre σ, $|\sigma| \geqq 1$; $f(x)$ est la fonction inconnue.

Je me propose d'indiquer ici quelques résultats de cette étude

1° *Théorème d'existence des solutions.* — Soit D un domaine simplement connexe, contenant son transformé $\frac{D}{\sigma}$ (par l'homothétie-rotation correspondant à la division par σ); l'origine peut appartenir à l'intérieur ou à la frontière de D. Supposant $a(x)$ et $b(x)$ holomorphes dans D, il existe une solution $f(x)$ holomorphe dans ce domaine et prenant à l'origine une valeur c_0 donnée arbitrairement. J'ai obtenu ce résultat par la méthode des approximations successives de M. Picard.

Soit C un chemin tracé dans D, tendant vers l'origine et contenant son transformé $\frac{C}{\sigma}$. Toute fonction analytique vérifiant l'équation et tendant vers c_0 quand x tend vers zéro sur une courbe telle que C coïncide avec la fonction holomorphe précédente.

Si $a(x)$ et $b(x)$ sont des fonctions entières, ces solutions sont des fonctions entières.

Si $a(x)$ et $b(x)$, holomorphes autour de l'origine, ont des points singuliers à distance finie, ces singularités se répercuteront sur les solutions $f(x)$ indiquées ci-dessus.

2° *Influence d'un pôle de la fonction* $b(x)$. — Supposons que $a(x)$ soit une fonction entière, que $b(x)$ admette un pôle simple x_0 et que l'on ait $|\sigma| > 1$ (égalité exclue). La solution déterminée par la méthode précédente autour de 0 admet pour points critiques logarithmiques x_0, σx_0, $\sigma^2 x_0$, ..., $\sigma^n x_0$, ...; elle peut être représentée avec toutes ses branches dans tout le plan par une série de la forme

$$f(x) = \varphi(x) + \varphi_0(x)\left[\log\left(1 - \frac{x}{x_0}\right) - P_0(x)\right] + \varphi_1(x)\left[\log\left(1 - \frac{x}{\sigma x_0}\right) - P_1(x)\right] + \ldots + \varphi_n(x)\left[\log\left(1 - \frac{x}{\sigma^n x_0}\right) - P_n(x)\right] + \ldots.$$

---

[1] Séance du 26 décembre 1923.

$P_0(x)$, $P_1(x)$, ..., $P_n(x)$ sont des polynomes destinés à faire converger la série; $\varphi(x)$, $\varphi_0(x)$, $\varphi_1(x)$, ..., $\varphi_n(x)$, ... sont des fonctions entières.

Si x_0 est pôle d'ordre p, on a un résultat analogue; mais $\varphi(x)$ n'est plus une fonction entière, elle a un pôle d'ordre $p-1$ en x_0, un pôle d'ordre $p-2$ en σx_0, ..., un pôle simple en $\sigma^{p-2}x_0$.

Au lieu de supposer $a(x)$ fonction entière on peut la supposer holomorphe dans un domaine Δ coïncidant avec son transformé $\frac{\Delta}{\sigma}$ et contenant le point x_0; on a un résultat analogue, les fonctions $\varphi_n(x)$ étant holomorphes dans Δ.

Lorsque $b(x)$ admet l'origine pour pôle, en reprenant l'hypothèse $a(x)$ fonction entière, $|\sigma| \geqq 1$ (égalité possible), il existe des solutions de la forme

$$f(x) = \varphi(x) + \psi(x)\log x,$$

$\psi(x)$ est toujours une fonction entière; si l'origine est pôle simple de $b(x)$, $\varphi(x)$ est aussi fonction entière; si l'origine est pôle d'ordre p de $b(x)$, elle est pôle d'ordre $p-1$ de $b(x)$. Ces fonctions s'obtiennent en ajoutant à l'une d'elles la solution générale de l'équation homogène

$$f'(x) = a(x) f\left(\frac{x}{\sigma}\right)$$

indiquée au paragraphe 1°.

3° *Recherche de solutions uniformes dans les mêmes cas.* — *A priori*, on peut concevoir d'autres solutions qui n'ont pas d'analogues dans l'équation différentielle ordinaire obtenue en faisant $\sigma = 1$.

Soit x_0 un pôle simple de $b(x)$. Dans la solution du paragraphe 2°, $f'(x)$ a en ce point un pôle simple et $a(x)f\left(\frac{x}{\sigma}\right)$ est régulière; on peut imaginer que l'inverse se produise. Alors, $\frac{x_0}{\sigma}$ sera un pôle simple de $f(x)$ et un pôle double de $f'(x)$; l'équation montre que, pour $f(x)$, $\frac{x_0}{\sigma^2}$ sera pôle double, $\frac{x_0}{\sigma^3}$ pôle triple, etc. On est ainsi conduit à se demander si l'équation admet une solution uniforme ayant à l'origine un point singulier essentiel limite de pôles ainsi disposés. De même, lorsque l'origine est, pour $b(x)$, un pôle ou même un point singulier essentiel isolé de tout pôle, on peut concevoir une solution ayant à l'origine un point essentiel non limite de pôles, S'il existe une telle solution, on en obtiendra une infinité d'autres en lui ajoutant

la solution générale de l'équation homogène

$$f'(x) = a(x) f\left(\frac{x}{\sigma}\right)$$

indiquée au paragraphe 1°.

J'ai obtenu une telle solution en faisant une hypothèse restrictive sur la fonction $a(x)$.

Soient

$$a(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots + a_n x^n + \ldots$$

et

$$b(x) = \frac{b_1}{x} + \frac{b_2}{x^2} + \ldots + \frac{b_n}{x^n} + \ldots + \text{partie holomorphe},$$

les développements de $a(x)$ et $b(x)$ autour de l'origine; et Σ, A_0, A_1, ..., B_0, B_1, ..., des nombres définis par

$$\Sigma = |\sigma|, \qquad 0 < A_0 \leqq |a_0|,$$
$$|a_1| \leqq A_1, \quad |a_2| \leqq A_2, \quad \ldots, \quad |a_n| \leqq A_n, \quad |b_1| \leqq B_1, \quad |b_2| \leqq B_2, \quad \ldots, \quad |b_n| \leqq B_n.$$

Premier cas. — Il existe des coefficients majorants B_n qui font converger la série

$$B_1 + \frac{A_0 \Sigma}{1} B_2 + \frac{A_0^2 \Sigma^{1+2}}{2!} B_3 + \ldots + \frac{A_0^n \Sigma^{1+2+\ldots+n}}{n!} B_{n+1} + \ldots$$

[c'est le cas quand l'origine est un pôle de $b(x)$, car $B_n = 0$ à partir d'un certain rang]. En posant

$$A(x) = A_1 + A_2 x + A_3 x^2 + \ldots + A_{n+1} x^n + \ldots,$$

et en désignant par H le plus grand des nombres $\frac{n}{A_0 \Sigma^n}$, il existe une solution si l'on a

$$A(H) < \frac{A_0^2 (\Sigma - 1)^2}{\Sigma}.$$

Deuxième cas. — Soient α_1, α_2, ..., α_n, ... des nombres positifs, décroissants, tendant vers zéro, et tels que les coefficients B_n vérifient les inégalités

$$\frac{B_{n+1}}{B_n} < \frac{1}{A_0 \Sigma^n} \left[\frac{n}{\Sigma - 1} + \frac{\Sigma}{(\Sigma - 1)^2} \right] + \alpha_n$$

(ce qui est toujours possible), il existe une solution si l'on a

$$A\left[\frac{2\Sigma - 1}{A_0 \Sigma (\Sigma - 1)^2} + \alpha_2 \right] < \frac{A_0^2 (\Sigma - 1)^2}{\Sigma + A_0 (\Sigma - 1)^2 \alpha_1}.$$

Dans les deux cas, il faut que la fonction $A(x)$ ne croisse pas trop vite.

THÉORIE DES NOMBRES ET GÉOMÉTRIE. — *Sur le groupe modulaire d'un corps quadratique imaginaire.* Note (¹) de M. **Ph. Le Corbeiller**, présentée par M. Henri Lebesgue.

1. Soit A une quadrique réelle convexe. On peut faire correspondre à tout point réel de A une valeur déterminée de la variable complexe z. Soit $S = \begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ \gamma & \delta \end{pmatrix}$ une substitution linéaire effectuée sur la variable z, à coefficients complexes et satisfaisant à la relation $\alpha\delta - \beta\gamma = +1$. On sait (Poincaré-Klein) que si l'on adopte pour métrique la métrique de l'espace cayleyen, la quadrique A étant prise pour *absolu* et R étant l'unité de longueur, on peut faire correspondre à la substitution S un déplacement hélicoïdal de l'espace cayleyen. Si M est le multiplicateur de S, donné par

$$M + \frac{1}{M} = (\alpha + \delta)^2 - 2,$$

on a aussi $M = e^{\frac{d}{R} + i\varphi}$, d étant l'amplitude de la translation et φ l'amplitude de la rotation en lesquelles on peut décomposer le déplacement S. De ces deux relations, on tire

$$(1) \qquad (\alpha + \delta)^2 - 2 = 2 \operatorname{ch}\left(\frac{d}{R} + i\varphi\right).$$

Supposons à présent que α, β, γ, δ soient des nombres de la forme

$$a_1 + a_2\sqrt{-P},$$

a_1 et a_2 étant des entiers ordinaires. Si $P = \text{mult. } 4 + 1$ ou 2, ces nombres seront les entiers du *corps* quadratique $\mathfrak{C}(\sqrt{-P})$; si $P = \text{mult. } 4 + 3$, ce seront les entiers d'un *anneau*, $\mathfrak{A}(\sqrt{-P})$. Les substitutions S forment alors le groupe modulaire Γ du corps ou de l'anneau.

Posons $\alpha + \delta = a + b\sqrt{-P}$, a et b seront des entiers ordinaires. On démontre aisément que la relation (1) est équivalente à l'équation du second degré

$$(2) \qquad 2X^2 - (a^2 + Pb^2)X + (a^2 - Pb^2 - 2) = 0,$$

dont la racine comprise entre -1 et $+1$ est égale à $\cos\varphi$ et la racine supérieure à $+1$ égale à $\operatorname{ch}\frac{d}{R}$.

(¹) Séance du 26 décembre 1923.

Cette équation ayant, quels que soient a et b, ses deux racines réelles et ainsi disposées, il est impossible, à moins qu'elle ne se décompose, de l'identifier à une des équations donnant $\cos\frac{2k\pi}{n}$, k et n entiers. Ces équations ont en effet toutes leurs racines réelles et comprises entre -1 et $+1$. *L'angle* φ *est donc incommensurable à* 2π, *à moins que* l'équation (2) ne se décompose, et dans ce cas $\cos\varphi$ est rationnel, d'où il suit que $\varphi = \frac{2\pi}{n}$, *où* n *ne peut prendre que les valeurs* 1, 2, 3, 4 *et* 6.

Si les nombres α, β, γ, δ étaient entiers du corps quadratique $\mathfrak{S}(\sqrt{-P})$, $P = \text{mult. } 4 + 3$, ils seraient de la forme $a_1 + a_2\frac{1+\sqrt{-P}}{2}$, et les coefficients de l'équation (2) auraient une expression un peu différente, sans que le raisonnement ci-dessus cesse de s'appliquer. La proposition s'applique donc à tous les corps quadratiques imaginaires, et de plus aux anneaux précédemment définis.

Le cas particulier $P = 1$ (groupe de Picard) a été étudié par M. Julia dans sa Thèse. M. Julia a démontré que l'angle φ était incommensurable ou égal à $\frac{2\pi}{n}$, $n = 1$, 2 ou 3. Il se trouve en effet que pour certaines valeurs de P les substitutions d'angle $\frac{2\pi}{4}$ et $\frac{2\pi}{6}$ ne peuvent pas exister.

2. On a pu être surpris de voir une équation du second degré, en général indécomposable, avoir deux solutions $\left(\cos\varphi \text{ et } \operatorname{ch}\frac{d}{R}\right)$ jouant des rôles en apparence tout à fait différents. Dans un travail étendu, dont je viens de terminer la rédaction, ce fait se trouve expliqué, ainsi que beaucoup d'autres, par la façon même dont j'envisage la géométrie cayleyenne.

Le désir d'avoir une illustration des géométries non euclidiennes antérieurement conçues a conduit les géomètres à porter principalement leur attention sur une seule des deux parties en lesquelles la quadrique *absolu* divise l'espace. J'envisage au contraire délibérément l'ensemble de tout l'espace, tant extérieur qu'intérieur à l'absolu, et je ne sépare jamais un élément ponctuel de l'élément tangentiel dont la détermination en résulte (par dualité relativement à l'absolu). De ce point de vue, les deux quantités $\cos\varphi$ et $\operatorname{ch}\frac{d}{R}$ jouent bien le même rôle, une rotation d'angle φ autour d'une droite D étant identique à une translation de longueur $Ri\varphi$ le long de la droite D′ conjuguée de D par rapport à l'absolu.

Soit alors

$$F = \gamma x^2 + (\delta - \alpha)xy - \beta y^2$$

la forme quadratique conservée par la substitution S. On prend ordinairement pour axe du déplacement hélicoïdal S, à l'intérieur de l'absolu, le segment de droite qui joint les points de l'absolu dont les affixes $z = \frac{x}{y}$ sont les zéros de F. Je considère plus généralement la droite D tout entière et sa conjuguée D'; on peut dire alors que l'équation (2) a pour racines $\cos\varphi$ et $\cos\varphi'$, φ et $\varphi' = \frac{d}{\mathrm{R}i}$ étant les amplitudes des rotations que l'on obtient quand on décompose le déplacement S considéré en deux rotations dont on assujettit les axes à être conjugués.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Les classes* (D) *séparables et l'espace Hilbertien.* Note (¹) de M. **Paul Urysohn**, présentée par M. Henri Lebesgue.

Une classe (D) ou *espace métrique* [2] est, selon la définition de M. Fréchet, un ensemble d'éléments (points) dans lequel on a défini une « distance » $\rho(x, y)$ qui est une fonction symétrique et non négative, qui s'annule lorsque $x = y$ et dans ce cas seulement, et qui satisfait à la condition

$$\rho(x, z) \leqq \rho(x, y) + \rho(y, z).$$

La classe (D) est dite *séparable* lorsqu'il y existe un ensemble dénombrable A partout dense (c'est-à-dire tel, qu'en adjoignant à A son ensemble dérivé A', on obtient toute la classe en question).

Ces définitions sont si simples et si peu restrictives qu'on est bien tenté de croire que les classes (D) séparables présentent, même au point de vue topologique [3], une multitude de formes différentes. Il est donc d'autant plus remarquable que *toutes ces classes ne soient* (toujours au point de vue topologique) *que des sous-ensembles d'un espace bien déterminé, à savoir celui de M. Hilbert* [4].

---

[1] Séance du 26 décembre 1923.

[2] Cette dénomination que M. Hausdorff a donné aux classes (D) me semble plus suggestive; elle fait mieux ressortir l'importance de la remarquable définition de M. Fréchet.

[3] C'est-à-dire lorsqu'on regarde deux espaces *homéomorphes* (admettant une correspondance biunivoque et bicontinue) comme identiques.

[4] On consultera à ce sujet un important Mémoire de M. Fréchet (*Rendic. Palermo*, 1910) où l'on trouvera un cas particulier de ce théorème ainsi qu'un autre théorème dans le même ordre d'idées.

Les points x de l'espace Hilbertien H sont, par définition, des suites $x=(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ de nombres réels x_n telles que la série Σx_n^2 converge; la distance est définie par la formule

$$[\rho(x, y)]^2=\sum_{n=1}^{\infty}(x_n-y_n)^2.$$

Cet espace n'est nulle part compact; on obtient, par contre, un espace compact H_0 si l'on n'envisage que les suites $x=(x_1, x_2, \ldots)$ satisfaisant aux conditions $0 \leqq x_n \leqq \frac{1}{n}$.

Nous allons montrer que *toute classe* ($\mathfrak{D}$) *séparable est homéomorphe à un certain sous-ensemble de l'espace* H_0 [1]. Ce résultat contient non seulement celui que nous avions annoncé au début, mais encore le suivant, qui est d'une importance très grande dans certaines questions topologiques :

« Tout espace métrique séparable peut être envisagé (topologiquement) comme faisant partie d'un espace métrique *compact.* »

Toute classe ($\mathfrak{D}$) étant homéomorphe à une classe ($\mathfrak{D}$) bornée [2], nous pouvons supposer que nous avons affaire à un espace E tel qu'on ait

$$\rho(\xi, \eta) \leqq 1$$

pour tout couple de ses points.

Choisissons dans E un ensemble dénombrable $A=(a_1, a_2, \ldots, a_n, \ldots)$ partout dense. ξ étant un point quelconque de E, posons

$$x_n=\frac{1}{n}\rho(\xi, a_n)$$

et faisons correspondre au point ξ de E le point $x=(x_1, x_2, \ldots)$ de H_0 ainsi que l'on obtient. Si $\xi \neq \eta$, les points correspondants x et y de H_0 seront différents eux aussi : il résulte, en effet, de la densité de A dans E, qu'il existe un a_n satisfaisant à la relation $\rho(\xi, a_n)<\frac{1}{2}\rho(\xi, \eta)$, donc à la relation $\rho(\xi, a_n)<\rho(\eta, a_n)$; et il en résulte que $x_n<y_n$, donc $x \neq y$. Nous avons ainsi obtenu une correspondance *biunivoque* entre E et un certain sous-ensemble M de H_0. Il reste à montrer que cette correspondance est *bicontinue.*

---

(1) Il est à noter que ce théorème s'applique, en particulier, à tous les espaces métriques compacts.

(2) HAUSDORFF, *Grundzüge der Mengenlehre*, p. 312.

1. Si $\rho(\xi, \eta) \leqq \varepsilon$, on a

$$|\rho(\xi, a_n) - \rho(\eta, a_n)| \leqq \rho(\xi, \eta) \leqq \varepsilon,$$

donc

$$|x_n - y_n| \leqq \frac{\varepsilon}{n}, \qquad [\rho(x, y)]^2 \leqq \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\varepsilon^2}{n^2} = \varepsilon^2 \frac{\pi^2}{6}, \qquad \rho(x, y) \leqq \frac{\pi}{\sqrt{6}} \varepsilon;$$

nous voyons donc que M est même une image *uniformément* continue de E.

2. La correspondance inverse est continue sans être nécessairement uniformément continue. Soit, en effet, x un point fixe de M; il s'agit de montrer qu'à tout ε correspond un $\delta > 0$ tel que $\rho(x, y) < \delta$ entraîne $\rho(\xi, \eta) < \varepsilon$. x et ε étant donnés, soit a_n le premier point de A tel que

$$\rho(\xi, a_n) < \frac{\varepsilon}{3}.$$

Il suffit alors de poser $\delta = \frac{\varepsilon}{3n}$. Il résulte en effet, de $\rho(x, y) < \delta$, que

$$|x_n - y_n| < \delta,$$

donc

$$|\rho(\xi, a_n) - \rho(\eta, a_n)| < n\delta = \frac{\varepsilon}{3}$$

et

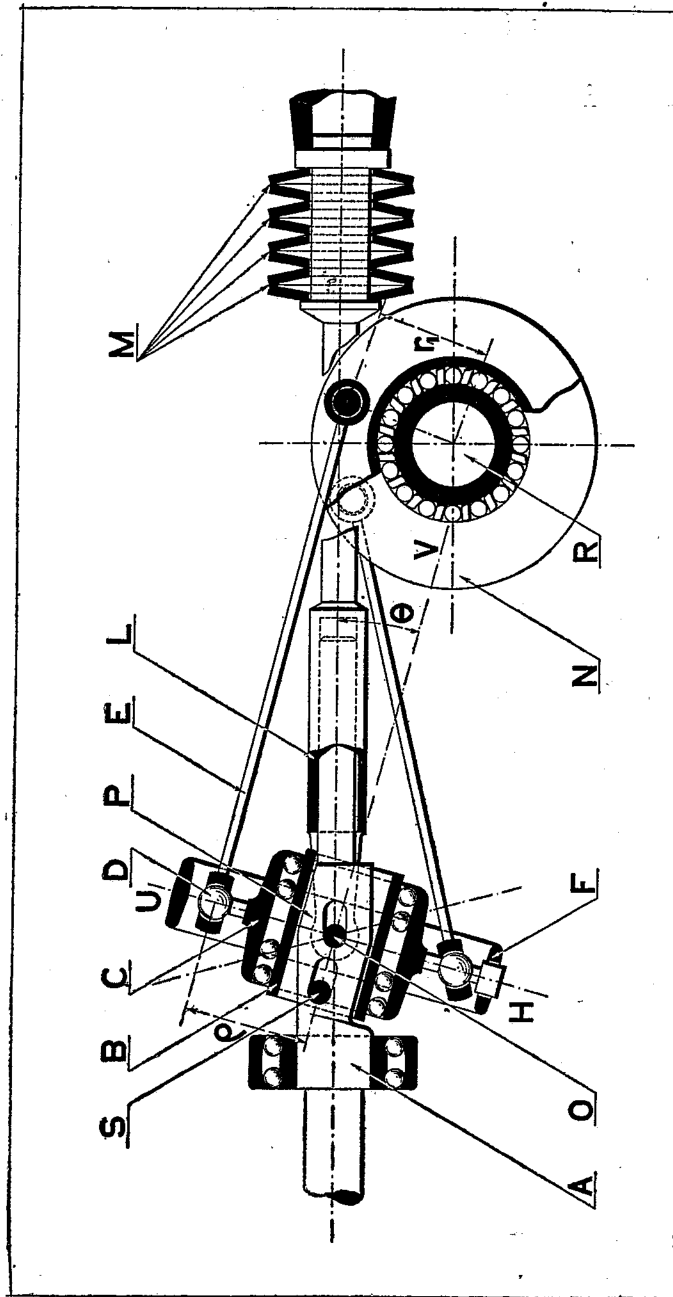
$$\rho(\xi, \eta) \leqq \rho(\xi, a_n) + \rho(\eta, a_n) < 2\rho(\xi, a_n) + \frac{\varepsilon}{3} < \varepsilon.$$

Remarquons, en terminant, que tout espace homéomorphe à un sous-ensemble de H est nécessairement séparable. *La séparabilité est donc une condition nécessaire et suffisante pour qu'un espace métrique soit homéomorphe à un sous-ensemble de l'espace de Hilbert.*

MÉCANIQUE. — *Sur la régulation gyroscopique de la transmission automatique.* Note (¹) de **M. D. Sensaud de Lavaud**, présentée par M. Rateau.

Soient C, C_1, ω, ω_1 les couples et vitesses angulaires aux arbres moteur et résistant : $C\omega = C_1\omega_1$. Pour une valeur donnée de C, ω_1 doit être, automatiquement, en raison inverse de C_1, sans variation de ω. Pour l'automobile, une certaine automaticité doit subsister à admission réduite, avec auto-accélération du moteur au démarrage. Par une noix P, à section rectangulaire, l'arbre moteur A entraîne un manchon B pouvant s'incliner d'un

(¹) Séance du 26 décembre 1923.


M
L
E
P
D
U
C
B
S
r
V
θ
R
N
F
H
O
A

angle θ de 3 à 15°. Sur deux roulements, B porte la couronne C qu'un cardan F empêche de tourner autour de A. Le mouvement alternatif de C est transmis à 4 où 6 bielles E dont les têtes D sont également réparties sur un cercle de rayon ρ. Dans sa course de retour, chaque bielle, à son maximum de vitesse, entraîne l'arbre résistant R par une roue libre à arc-boutement N. La compensation se fait par des rondelles entretoisées M sur lesquelles agit le manchon en O, par l'arbre L, avec appui à l'articulation S.

Les quantités en θ^2 seront négligées.

La vitesse ω, suivant A, se décompose en $\omega \sin\theta$ suivant la projection OU de A sur le plan moyen H et en $\omega \cos\theta$ ou ω suivant la normale OV au plan. Le mouvement de la couronne résulte de la rotation constante $\omega \sin\theta$ autour de U qui tourne dans le plan H avec la vitesse ω. Chaque tête de bielle D a donc la même vitesse maximum $\omega \rho \sin\theta$ quand U est normale au rayon OD, D étant alors dans le plan normal à l'axe A passant par O. Si r_1 est le rayon des roues libres, la démultiplication est $\frac{\rho \sin\theta}{r_1}$ et l'effort transmis aux rondelles $\frac{C}{\rho \sin\theta}$.

L'inertie des bielles et roues libres équivaut à celle de masses concentrées aux têtes D.

1° Le mouvement commun est la rotation $\omega \sin\theta$ autour de U. Le moment d'inertie total par rapport à U étant I, le moment cinétique est $I\omega \sin\theta$, suivant U. La vitesse $I\omega^2 \sin\theta$ de son extrémité, normale à U et à A dans le plan H, est égale et opposée au moment gyroscopique créé C_i *qui tend à augmenter* θ.

2° Le manchon et les roulements, de moment d'inertie I_0 par rapport à leur axe V, ont, en plus, la rotation $\omega \cos\theta$ ou ω autour de V. Le moment cinétique est $I_0\omega$, suivant V, et il tourne autour de A avec la vitesse ω et l'inclinaison θ. La vitesse $I_0\omega \sin\theta$ de son extrémité, normale à U et à A, est égale et opposée au moment gyroscopique créé C'_i *qui tend à diminuer* θ. C'_i est opposé à C_i, de sorte que le moment résultant est $(I - I_0)\omega^2 \sin\theta$, normal à A et à U, *tendant à augmenter* θ. Son travail étant nul à chaque instant, il ne se transmet pas aux bielles, mais directement aux rondelles par un bras de levier e et les soulage d'un effort

$$\frac{I - I_0}{e} \omega^2 \sin\theta = K \omega^2 \sin\theta.$$

Un équilibre parfait $(I = I_0)$ est possible, mais désavantageux pour l'automobile. L'automaticité exige que la réaction des rondelles soit, en

fonction de θ :

$$F = \frac{C}{\rho \sin \theta} - K\omega^2 \sin \theta. \tag{1}$$

Ceci étant réalisé, *les effets gyroscopiques maintiennent* ω *rigoureusement invariable.* Si l'on réduit le couple moteur de ΔC, ω devient ω' tel que, pour chaque valeur de θ, on retrouve pour F la même valeur; d'où

$$\frac{\Delta C}{\rho \sin \theta} = K(\omega^2 - \omega'^2) \sin \theta, \qquad \omega'^2 = \omega^2 - \frac{\Delta C}{K\rho \sin^2 \theta}. \tag{2}$$

ω' diminue avec θ, d'autant moins vite que K est plus grand, en s'annulant pour $\sin^2 \theta = \frac{\Delta C}{K\rho\omega^2}$, valeur d'autant plus faible que K et ω sont plus grands. La régulation est, en réalité, meilleure, car, à admission donnée, ΔC diminue un peu avec ω'. Une telle régulation avec variation de ω' est *nécessaire* car, inversement, au démarrage à gaz réduits, la vitesse du moteur s'accélère quand θ augmente.

L'utilisation des effets gyroscopiques donne donc toujours un fonctionnement correct que la compensation seule ne permet pas d'obtenir.

Remarques au sujet de la Communication de M. de Lavaud, par M. Rateau.

En présentant le travail de M. de Lavaud, j'ai à faire quelques remarques qui précisent ou complètent son exposé.

Les centres des rotules D des pieds des bielles, comme tous les points du plan moyen de la couronne C, décrivent des courbes sphériques en forme de 8. Ces courbes se réduisent à de simples arcs de cercle pour les points situés dans le plan, passant par l'axe A, perpendiculaire à la fourche qui porte le cardan. Elles augmentent de largeur depuis ce plan jusqu'au diamètre en quadrature. La largeur maximum est approximativement $\rho\theta^2$, tandis que la longueur, comptée sur la sphère, est, pour tous les centres des rotules, $2\rho\theta$. Comme l'angle θ est limité à 15°, on voit que l'écart transversal des pieds des bielles par rapport à la ligne moyenne reste inférieur à $\frac{1}{16}$ de la course.

La vitesse maximum des centres des rotules projetée sur la direction des bielles n'est pas exactement $\omega\rho \sin \theta$; elle varie légèrement d'une bielle à l'autre entre $\omega\rho \sin \theta \cos \theta$ et $\omega\rho \operatorname{tang} \theta$.

L'encliquetage aux sélecteurs se produit et cesse lorsque la vitesse des têtes des bielles est égale à $r_1 \omega_1$ qui est, dès lors, un peu inférieur à $\omega\rho \sin\theta$. La différence $\omega\rho \sin\theta - r_1 \omega_1$ doit être absorbée par l'élasticité des pièces. Il en résulte que la démultiplication donnée est un peu plus petite que $\frac{\rho \sin\theta}{r_1}$ et que l'effort *moyen* de poussée sur les ressorts, abstraction faite des pertes par frottements et des effets gyroscopiques, est un peu supérieur à $\frac{C}{\rho \sin\theta}$.

Comme chacune des deux roues est actionnée par des bielles dont les pieds sont tous d'un même côté de la couronne, décalés de 60°, les impulsions sur cette roue, déphasées d'autant, ne sont pas régulièrement espacées; elles se groupent dans des demi-tours de l'arbre moteur.

Dans les virages, une seule roue est motrice; si l'on veut que les deux roues le soient, il devient nécessaire d'intercaler un différentiel analogue à celui des transmissions ordinaires.

Pour l'évaluation du moment d'inertie I du manchon et des roulements à billes, il faut, bien entendu, tenir compte de ce que les billes roulent autour du manchon avec une vitesse angulaire voisine de la moitié de ω.

Il résulte de la formule (1) de la Note (dont le premier terme est à corriger ainsi qu'il a été dit ci-dessus) que la courbe de la poussée sur le ressort, en fonction de la déformation, est une hyperbole, d'ailleurs variable avec ω, à cause des effets gyroscopiques. Pour un bon réglage de l'automaticité, il faut donc que la compressibilité du ressort diminue à mesure que la déformation augmente. Or les rondelles Belleville ont, au contraire, ainsi que je l'ai montré [1], une compressibilité qui va en augmentant. M. de Lavaud corrige très simplement la divergence des deux courbes en intercalant dans les couples des rondelles des bagues incompressibles dont les épaisseurs sont réglées de manière que l'aplatissement de ces couples cesse à partir d'une certaine compression pour le premier couple, d'une plus grande pour le deuxième, etc. Il emploie six à sept couples par ressort, en sorte qu'il peut suivre approximativement l'hyperbole voulue par les arcs successifs d'une ligne brisée à cinq ou six échelons.

---

(1) *Comptes rendus*, 13 juin 1887; *Annales des Mines*, janvier-février 1890.

HYDRODYNAMIQUE. — *Introduction de termes secondaires dans le potentiel des vitesses, dans le cas des ondes par émersion.* Note [1] de M. **R. Risser**, présentée par M. L. Lecornu.

L'étude des ondes d'émersion dans un canal de profondeur infinie se trouvant, grâce à l'emploi des images de Kelvin [2], ramenée à celle des ondes dans un milieu indéfini, il est facile d'examiner pour un tel milieu l'influence perturbatrice motivée par l'intervention d'une coordonnée η de la zone d'émersion, non négligeable par rapport à la coordonnée y du point, pour lequel on veut, à un instant donné, évaluer la grandeur de la dénivellation.

En supposant ξ négligeable devant x, et η non négligeable devant y, on est conduit à calculer l'intégrale Z_1 :

$$(1) \qquad Z_1 = \iint \frac{F(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta}{\sqrt{z^2 + x^2 + (y-\eta)^2}} = \iint \frac{F\, d\xi\, d\eta}{\sqrt{R^2 - 2y\eta + \eta^2}}.$$

En substituant au dénominateur son développement en série, et en assimilant la partie du corps immergé à son paraboloïde osculateur, de telle façon que

$$F(\xi, \eta) = H\left(1 - \frac{\xi^2}{l^2} - \frac{\eta^2}{l'^2}\right),$$

on trouve que l'intégrale ci-dessus après le changement de variables

$$\xi = ls\cos\psi, \qquad \eta = l's\sin\psi$$

devient

$$(2) \qquad Z_1 = H\,ll' \int_0^1 \frac{(1-s^2)s\,ds}{R} \int_0^{2\pi} d\psi \left[1 + \frac{\eta}{2}\,\frac{(2y-\eta)}{R^2} + \ldots\right].$$

Si l'on fait abstraction des termes du développement en série apparaissant dans la parenthèse où figurent $\frac{1}{R^4}$, $\frac{1}{R^6}$, ..., on trouve l'expression Z_2 approchée de Z_1

$$(3) \qquad Z_2 = \pi H\,ll'\left(\frac{1}{2R} - \frac{l'^2}{6R^3}\right) \doteq \pi V\left(\frac{1}{2R} - \frac{l'^2}{6R^3}\right),$$

---

[1] Séance du 26 décembre 1923.

[2] Voir le Mémoire de M. Boussinesq, *Sur une importante simplification de la théorie des ondes que produisent à la surface d'un liquide l'émersion d'un solide ou l'impulsion d'un coup de vent* (*Annales de l'École Normale supérieure*, 1910).

avec

$$V = Hll'.$$

Il y a lieu de rappeler que, dans le cas où l'on ne considère qu'un petit élément de volume, le corps étant immergé dans un milieu indéfini, l'expression de Z_1 était égale à $dq\frac{\pi}{2R}$, et que le potentiel des vitesses faisait apparaître les dérivées successives par rapport à z de $\frac{1}{R}$, alors qu'ici il faut tenir compte non seulement de ces dérivées, mais encore de toutes les dérivées de $\frac{1}{R^3}$ par rapport à z.

L'intervention des dérivées $\frac{d^n}{dz^n}\left(\frac{1}{R^3}\right)$ met en évidence l'influence du premier terme secondaire.

Le potentiel des vitesses aura pour valeur

$$(4) \qquad \varphi = -\frac{V}{\pi^2}\left[t\frac{\partial Z_2}{\partial z} + \frac{t^3}{3!}\frac{\partial^2 Z_2}{\partial z^2} + \ldots + \frac{t^{2n+1}}{(2n+1)!}\frac{\partial^{n-1} Z_2}{\partial z^{n-1}} + \ldots\right].$$

Or on a

$$\frac{d^n}{dz^n}\left(\frac{1}{R^3}\right) = \frac{1}{2}\frac{d^2}{dR^2}\left[(-1)^n n!\,\frac{P_n(\cos\theta)}{R^{n+1}}\right],$$

avec $\cos\theta = \frac{z}{R}$ et P_n étant le polynome de Legendre d'ordre n, et l'on trouve de suite que

$$\frac{d^2}{dR^2}\left[\frac{P_n}{R^{n+1}}\right] = \frac{(n+1)(n+2)P_n + 2(n+2)\cos\theta\, P'_n + \cos^2\theta\, P''_n}{R^{n+3}} = \frac{Q_n}{R^{n+3}}.$$

L'équation $Q_n = 0$ est de degré n en $\cos\theta$ et ne renferme que des termes ayant la parité de n; elle a comme $P_n = 0$ toutes ses racines réelles et distinctes comprises entre -1 et $+1$.

On sait en effet que si l'équation $f(x) = 0$ a toutes ses racines réelles et inégales, l'équation $\alpha f(x) + xf'(x) = 0$, où α est une constante positive, a toutes ses racines réelles et inégales.

Posons $S = \alpha f + xf' = 0$ et formons $\beta S + xS' = 0$, ou

$$\alpha\beta f(x) + xf'(x) + (\alpha + \beta + 1)^2 f''(x) = 0;$$

cette dernière équation est de degré n comme la précédente et a toutes ses racines réelles et inégales.

L'identification entre Q_n et $\beta S + xS'$ est possible, à condition de prendre $\alpha = n+1$, $\beta = n+2$; il en résulte que $Q_n = 0$ jouit de la propriété invoquée.

Si l'on voulait étudier l'influence du terme $\frac{1}{R^{2p+1}}$, on serait amené à calculer $\frac{d^n}{dz^n}\left(\frac{1}{R^{2p+1}}\right)$ et conduit à introduire l'équation ${}_1Q_n$ analogue à Q_n.

$$ {}_1Q_n = AH_n + Bx P'_n + \ldots + Lx^{2p} L_n^{(2p)}; $$

l'équation ${}_1Q_n = 0$ a toutes ses racines réelles et distinctes.

Remarque. — Si le corps immergé était de révolution, l'intégrale Z_1 dont il a été fait mention au début de cette Note, devient, puisque $l = l'$,

$$ Z_1 = \int_0^1 \int_0^{2\pi} \frac{l^2(1-s^2)s\,ds\,d\psi}{\sqrt{R^2 - 2rsl\cos(\theta-\psi) + s^2 l^2}}, $$

avec

$$ x = r\cos\theta, \qquad y = r\sin\theta, \qquad R^2 = x^2 + y^2 + z^2, $$

ou encore, après une rotation θ des axes Ox et Oy,

$$ Z_1 = \int_0^1 \int_0^{2\pi} \frac{l^2(1-s^2)s\,ds\,d\psi}{\sqrt{R^2 - 2rsl\cos\psi + s^2 l^2}}. $$

Si l'on pose $\frac{sl}{R} = m$, $\frac{r}{R}\cos\psi = \cos\lambda$, on constate que les deux éléments constitutifs de Z_1 peuvent se calculer facilement en remarquant que

$$ \frac{1}{\sqrt{R^2 - 2rsl\cos\psi + s^2 l^2}} = \frac{1}{R}[1 + mP_1(\cos\lambda) + \ldots + m^q P_q(\cos\lambda) + \ldots]. $$

ASTRONOMIE. — *Sur les étoiles variables du type Algol.* Note (¹) de M. **Michcovitch**, présentée par M. Andoyer.

Dans ses recherches de statistique stellaire, M. Charlier établit (²) que, pour un astre de grandeur apparente m, on peut connaître la distance r à l'observateur dès que se trouve fixée la valeur d'un certain paramètre R, par la relation

$$ r = R \cdot 10^{0,2m}. $$

Fonction de la température et du diamètre, R varie d'une étoile à l'autre. Cependant, pour certains types spectraux, on peut admettre une valeur unique de R pour toutes les étoiles de cette catégorie.

Nous donnons ici quelques résultats auxquels nous sommes parvenus,

(¹) Séance du 26 décembre 1923.

(²) *A. N.*, t. 201, p. 10; *L. M.*, II, nº 14.

concernant les étoiles variables du type Algol, en utilisant la relation précédente et en adoptant pour *m* la grandeur maxima.

Ces recherches sont basées sur les données relatives à 152 étoiles de cette catégorie. Pour 18 d'entre elles le mouvement propre est bien déterminé. L'ensemble, traité par la méthode des moindres carrés, a fourni les trois équations suivantes exprimées en « mouvement propre réduit » :

$$S \sin Æ \cos Ⓓ = -0'',307,$$
$$S \cos Æ \cos Ⓓ = +0,104,$$
$$S \quad \sin Ⓓ = +0,110.$$

Ce qui donne, pour les coordonnées de l'Apex et la vitesse du Soleil,

$$Æ = 288°,7, \quad Ⓓ = +18°,8 \quad \text{et} \quad S = +0'',342.$$

Rappelons que les déterminations de L. Boss (6188 mouvements propres) et de W.-W. Campbell (1193 vitesses radiales) ont conduit respectivement à

Æ.	Ⓓ.
270°,5	+34°,3
268°,5	+25°,3

Les écarts entre les coordonnées de l'Apex ainsi obtenues, notables en apparence, ne sont pas anormaux en réalité, si l'on tient compte de la proportion des données dans les trois déterminations.

En adoptant pour la vitesse du Soleil S = 4,17 Sir ([1]), correspondant à 19,8 km-sec, on trouve, pour le paramètre R, la valeur 2,51 Sir.

On peut dès lors calculer la distance et, par conséquent, la répartition de ces astres dans l'espace. Pour cela, il faut encore admettre que toutes les étoiles du type Algol ont la même grandeur absolue, hypothèse un peu arbitraire, mais qui se trouvera justifiée dans la suite.

Une première vérification favorable est déjà fournie par la comparaison des parallaxes π, déterminées à l'aide des observations ([2]), avec celles $\bar{\pi}$, calculées avec R :

Étoiles.	π.	$\bar{\pi}$.
β Persée	0'',048	0'',030
β Cocher	0,034	0,031
Y Cygne	0,005	0,003

([1]) Gyllenberg, *L. M.*, n° 13.
([2]) Russell et Shapley, *Ap. J.*, 40, p. 421-425.

Plus nombreuses sont les étoiles dont on a les parallaxes hypothétiques π_1 (¹), basées sur les grandeurs absolues déduites des meilleures déterminations des éléments de ces variables. En laissant de côté les étoiles plus faibles que $10^m,5$, voici le tableau de comparaison de quelques valeurs :

$(10^2\pi_1)''$.....	4	6	2	18	2	3	2	1	1	6	4	4	4	1	1
$(10^2\bar{\pi})''$.....	4	4	2	7	2	2	1	2	2	6	5	3	4	1	1

La distribution dans l'espace des étoiles du type Algol a été étudiée en choisissant comme plan fondamental celui de la Voie lactée et en adoptant comme coordonnées équatoriales du pôle correspondant

$$\alpha = 190^\circ, \quad \delta = +28^\circ.$$

Voici le tableau des nombres d'étoiles avec des coordonnées galactiques exprimées en siriomètres :

Siriomètres.	x.	y.	z.
0- 60.............	54	57	91
60-125.............	37	39	41
125-190.............	31	36	13
190-290.............	30	30	8

60 pour 100 de toutes les variables de ce type sont situées à moins de 60 Sir et 78 pour 100 à moins de 100 Sir de distance, de part et d'autre du plan galactique. Quant à leur distribution dans le plan même, elle est sensiblement uniforme jusqu'à 290 Sir. Ainsi, la concentration galactique des étoiles du type Algol, sans être aussi prononcée que celle des étoiles des types spéciaux B et N, apparaît néanmoins suffisamment nette.

La connaissance de la répartition spatiale de ces astres nous offre un moyen de vérification (¹) de la valeur adoptée pour le paramètre R. En effet, nous pouvons considérer comme connu le centre de gravité de l'univers stellaire, ainsi que la position du Soleil par rapport à ce point, en particulier l'ordonnée $z = 3{,}96$ Sir. D'autre part, nous pouvons déterminer la position du centre de gravité ou mieux, son ordonnée, exprimée en R, pour l'ensemble des étoiles considérées. Admettant alors que ce dernier coïncide avec le précédent, on déduit la quantité R. Ce calcul donne $R = 2{,}46$ Sir, valeur tout à fait en accord avec celle conclue précédemment des mouvements propres.

(¹) GYLLENBERG, *L. M.*, n° 75.

Remarquons enfin que, sur 86 variables de cette catégorie dont on a pu examiner le spectre, 70 sont du type R, d'où un autre moyen de vérifier le degré d'approximation de la valeur obtenue pour R. M. G. Malmquist (¹) a, en effet, déduit de l'étude des mouvements propres et des vitesses radiales de 387 étoiles appartenant au type R, la valeur R = 2,07 Sir.

OPTIQUE. — *Sur la théorie électromagnétique de la polarisation rotatoire naturelle.* Note (²) de M. **H. Chipart**, présentée par M. L. Lecornu.

Conformément aux vues de Mac Cullagh [voir ma Communication du 26 novembre 1923 (³)] nous déduirons la polarisation diélectrique P de l'identité

$$\int (\mathrm{P}\,\delta\mathrm{E})\,d\varpi \equiv \int \delta\mathrm{W}\,d\varpi,$$

δE *étant astreint à s'annuler sur la surface qui limite le diélectrique.*

W est une forme quadratique des composantes du champ électrique E et de ses dérivées premières par rapport aux coordonnées. Pour rendre compte de la double réfraction et de la polarisation rotatoire naturelle on se limitera aux deux premiers termes du développement de W :

$$\mathrm{W} = \frac{1}{2}\varphi(\mathrm{E}_x, \mathrm{E}_y, \mathrm{E}_z) + \frac{1}{2}\psi\left(\mathrm{E}_x, \mathrm{E}_y, \mathrm{E}_z; \frac{\partial \mathrm{E}_x}{\partial x}, \frac{\partial \mathrm{E}_x}{\partial y}, \ldots, \frac{\partial \mathrm{E}_z}{\partial z}\right),$$

φ désignant une forme quadratique et ψ une forme bilinéaire. Cette dernière contient 27 coefficients; démontrons qu'elle n'intervient que par neuf combinaisons linéaires de ces 27 coefficients.

A cet effet observons que l'expression générale de ψ peut s'écrire

$$\psi = \frac{\partial \psi'}{\partial x} + \frac{\partial \psi''}{\partial y} + \frac{\partial \psi'''}{\partial z} + (\mathrm{A}'\mathrm{Q}'_x + \mathrm{A}''\mathrm{Q}''_x + \mathrm{A}'''\mathrm{Q}'''_x + \ldots + \mathrm{C}'''\mathrm{Q}'''_z),$$

ψ', ψ'', ψ''' désignant trois formes quadratiques en E_x, E_y, E_z, et Q'_x, Q''_y, ..., Q'''_z désignant les binomes alternés

$$\mathrm{Q}'_x = \mathrm{E}_y\frac{\partial \mathrm{E}_z}{\partial x} - \mathrm{E}_z\frac{\partial \mathrm{E}_y}{\partial x}, \quad \mathrm{Q}''_x = \mathrm{E}_y\frac{\partial \mathrm{E}_z}{\partial y} - \mathrm{E}_z\frac{\partial \mathrm{E}_y}{\partial y}, \quad \mathrm{Q}'_y = \mathrm{E}_z\frac{\partial \mathrm{E}_x}{\partial x} - \mathrm{E}_x\frac{\partial \mathrm{E}_z}{\partial x}, \quad \ldots.$$

Les $\delta\mathrm{E}_x$, $\delta\mathrm{E}_y$, $\delta\mathrm{E}_z$ étant, par définition, astreints à s'annuler sur la sur-

(¹) *L. M.*, nº 76.

(²) Séance du 26 décembre 1923.

(³) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1213.

face du diélectrique on peut, dans le calcul de la variation $\int \delta\psi \, d\varpi$, laisser de côté les trois premiers termes qui sont réductibles à des intégrales de surface. L'identité de Green équivaut donc à

$$\int (\mathrm{P}\,\delta\mathrm{E})\, d\varpi \equiv \frac{1}{2}\int \delta\varphi \, d\varpi + \frac{1}{2}\int (\mathrm{A}'\,\delta\mathrm{Q}'_x + \mathrm{A}''\,\delta\mathrm{Q}''_x + \ldots + \mathrm{C}'''\,\delta\mathrm{Q}'''_z)\, d\varpi.$$

Pour obtenir P_x faisons $\delta\mathrm{E}_y = \delta\mathrm{E}_z = 0$. Utilisant les transformations

$$\int \mathrm{E}_z \frac{\partial}{\partial x}(\delta\mathrm{E}_x)\, d\varpi = -\int \frac{\partial \mathrm{E}_z}{\partial x}\,\delta\mathrm{E}_x\, d\varpi, \qquad \ldots,$$

nous aboutissons aux égalités (1) :

$$(1) \quad \mathrm{P}_x = \frac{1}{2}\frac{\partial\varphi}{\partial \mathrm{E}_x} + (\mathrm{C}\nabla)\mathrm{E}_y - (\mathrm{B}\nabla)\mathrm{E}_z, \qquad \mathrm{P}_y = \frac{1}{2}\frac{\partial\varphi}{\partial \mathrm{E}_y} + (\mathrm{A}\nabla)\mathrm{E}_z - (\mathrm{C}\nabla)\mathrm{E}_x,$$

avec

$$(\mathrm{A}\nabla) = \mathrm{A}'\frac{\partial}{\partial x} + \mathrm{B}'\frac{\partial}{\partial y} + \mathrm{C}'\frac{\partial}{\partial z}, \qquad \ldots.$$

La polarisation P est donc la somme de deux fonctions vectorielles de E, dont la seconde est affectée de coefficients symboliques $(\mathrm{A}\nabla)$, $(\mathrm{B}\nabla)$, $(\mathrm{C}\nabla)$. La première, provenant de $\varphi(\mathrm{E}_x, \mathrm{E}_y, \mathrm{E}_z)$, possède un déterminant symétrique, tandis que celui de la seconde est symétrique gauche; d'où découle la réalité des coefficients de l'équation bicarrée aux vitesses de propagation.

Caractères d'invariance. — 1° *La forme quadratique* $\varphi(\mathrm{E}_x, \mathrm{E}_y, \mathrm{E}_z)$ *est un scalaire direct* (ou de première espèce). — En d'autres termes, si l'on effectue une substitution orthogonale, directe ou inverse,

$$x_1 = \alpha_1 x + \beta_1 y + \gamma_1 z, \qquad y_1 = \alpha_2 x + \ldots, \qquad z_1 = \alpha_3 x + \ldots,$$

on a, dans le nouveau système de coordonnées,

$$\varphi_1(\mathrm{E}_{1x}, \mathrm{E}_{1y}, \mathrm{E}_{1z}) = \varphi(\alpha_1 \mathrm{E}_{1x} + \alpha_2 \mathrm{E}_{1y} + \alpha_3 \mathrm{E}_{1z}, \beta_1 \mathrm{E}_{1x} + \ldots, \gamma_1 \mathrm{E}_{1x} + \ldots).$$

2° *Les neuf quantités* A, A', ..., C'' *sont les composantes d'un tenseur inverse* (ou de deuxième espèce). — Introduisant, en effet, les trois composantes u, v, w d'un vecteur direct (vecteur polaire) indépendant de x, y et z, les trois égalités (1) se résument dans l'identité (2) :

$$(2) \qquad u\mathrm{P}_x + v\mathrm{P}_y + w\mathrm{P}_z \equiv \frac{1}{2}\sum u \frac{\partial\varphi}{\partial \mathrm{E}_x} + \begin{vmatrix} (\mathrm{A}\nabla) & (\mathrm{B}\nabla) & (\mathrm{C}\nabla) \\ u & v & w \\ \mathrm{E}_x & \mathrm{E}_y & \mathrm{E}_z \end{vmatrix}.$$

D'après 1°, $\Sigma u \frac{\partial \varphi}{\partial E_x}$ est un scalaire direct; il en est donc de même du déterminant. D'autre part les binomes $(v E_z - w E_y)\ldots$ sont les composantes d'un vecteur inverse (vecteur axial), et, par conséquent, les trois coefficients différentiels $(A\nabla)$, $(B\nabla)$, $(C\nabla)$ se transforment comme les composantes d'un vecteur inverse. Enfin les $\frac{\partial}{\partial x}$, $\frac{\partial}{\partial y}$, $\frac{\partial}{\partial z}$ se transforment comme x, y, z, d'où résulte en définitive que les trois quantités

$$A'x + A''y + A'''z, \quad B'x + B''y + B'''z, \quad C'x + C''y + C'''z$$

sont les composantes d'un vecteur inverse.

SURFACES INVARIANTES DÉFINISSANT LES PROPRIÉTÉS OPTIQUES DU MILIEU. — L'analyse précédente met en évidence deux formes quadratiques et une forme linéaire :

1° La forme quadratique (directe) $\varphi(x, y, z)$ introduite par Fresnel;

2° La forme quadratique (inverse) $G(x, y, z)$ et la forme linéaire (directe) $(px + qy + rz)$ associées au tenseur $A', A'', \ldots, C'''$ conformément aux formules d'identification classiques

$$A'x + A''y + A'''z \equiv \frac{1}{2}\frac{\partial G}{\partial x} + qz - ry, \quad B'x + B''y + B'''z \equiv \frac{1}{2}\frac{\partial G}{\partial y} + rx - pz, \quad \ldots$$

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'application des méthodes optiques à l'examen des œuvres d'art.* Note (¹) de MM. **EDMOND BAYLE** et **HENRI GEORGE**, présentée par M. Paul Janet.

Le Laboratoire de l'Identité judiciaire a été chargé à plusieurs reprises d'examiner des œuvres d'art dont l'antiquité ou l'authenticité étaient contestées. Les conclusions de ces examens ayant suscité quelque intérêt, nous croyons utile d'exposer les méthodes qui ont été employées, en particulier pour l'examen des peintures.

On a déjà signalé (²) l'application de la radiographie à l'étude des tableaux. L'absorption des couleurs peintes étant fonction du poids atomique de leurs composants, la radiographie permet d'avoir rapidement une connaissance générale de la palette et de l'encollage de la toile. Elle

(¹) Séance du 26 décembre 1923.

(²) A. CHÉRON, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 57; voir aussi PARENTY, *Comptes rendus*, t. 56, 1863, p. 1673, et t. 172, 1921, p. 34.

montre surtout immédiatement les restaurations et les retouches et tout ce qui aurait pu à l'origine être peint sous le sujet visible.

La photographie d'un tableau éclairé par des radiations convenablement choisies permet de dégager les caractères parfois très particuliers de touche propres à un peintre.

Nous utilisons, pour produire une lumière de composition bien déterminée un projecteur composé de quatre sources donnant quatre faisceaux convergents. Trois des faisceaux sont munis d'écrans rouge, bleu et vert étudiés au spectrophotomètre. Le quatrième faisceau donne du blanc. On fait varier à volonté la proportion de chacune des lumières composantes en agissant sur l'intensité des sources à l'aide de rhéostats. On peut ainsi obtenir exactement toutes les nuances possibles et photographier le tableau sous l'éclairage qui souligne telle ou telle particularité.

C'est ainsi que nous avons pu mettre très nettement en évidence chez un maître impressionniste la forme des touches imposée à l'artiste par une incapacité physique.

Les rayons ultraviolets ($\lambda = 3650$) filtrés par un écran à l'oxyde de nickel provoquent la fluorescence de certaines couleurs minérales (blanc de zinc) et permettent de les reconnaître. Ce rayonnement excite surtout la fluorescence des vernis; aussi, tout défaut de vernissage, toute surcharge, tout grattage et en général toute modification de la surface vernie, sont-ils immédiatement mis en évidence par ce moyen. Sur un « Goya » récemment contesté soumis par nous à cette épreuve, nous avons vu la signature et la date (Goya a. 1799) disparaître et faire place à une mention plus explicite indiquant qu'il s'agissait d'une copie. En plaçant devant l'appareil photographique un écran au chromate de potassium pour arrêter l'ultraviolet excitateur, nous avons pu obtenir une photographie de cette inscription, invisible dans les conditions normales.

Une photographie sur plaque préparée avec un écran noir laissant passer le début de l'infrarouge donne une très curieuse discrimination des couleurs noires.

La détermination de la nature des couleurs nous est donnée par la spectrographie. Le prélèvement pratiquement invisible que nous opérons est de l'ordre d'une fraction de milligramme. La technique employée par le Laboratoire pour faire les spectres d'étincelles de si faibles traces sera décrite dans une prochaine Note. Nous avons pu obtenir les raies du plomb avec une trace de $0^{mg},25$ et les raies principales du mercure avec une trace de vermillon.

Il est souvent utile de préparer la trace détachée du tableau pour l'examen microscopique. On observe facilement ainsi, dans le cas de couleurs complexes, la couleur des pigments composants.

Enfin nous avons reconnu possible, en éclairant fortement un point du tableau, d'étudier au spectrophotomètre la lumière diffusée par la couleur. Nous avons obtenu pour le bleu de Prusse, le bleu de cobalt, la garance, etc., des courbes tout à fait caractéristiques.

PHYSIQUE. — *Bloc à séries de températures constantes.* Note (1) de MM. **H. Cardot**, **H. Laugier** et **R. Legendre**, présentée par M. J.-L. Breton.

Il n'existe pas encore, croyons-nous, d'appareil permettant de disposer d'une série de températures différentes dans l'espace, mais rigoureusement constantes en chaque point dans le temps.

Les thermostats qu'on emploie ordinairement pour étudier l'influence de la température sur les phénomènes physiques, chimiques ou biologiques, sont coûteux, encombrants, lents à régler et ne fournissent chacun qu'une température; de ce fait, le nombre d'appareils dont on dispose simultanément est toujours limité. Les platines chauffantes de Malassez, de Radais, de Gatin assurent bien une série de températures décroissantes, mais elles ne transmettent la chaleur que par un plan et pour cette raison n'offrent aucune constance.

Nous avons pensé qu'un dispositif simple, donnant une échelle quelconque de dix températures constantes, aurait sa place marquée dans tous les laboratoires et qu'il répondrait à de multiples besoins. Dans ce but, nous avons imaginé l'appareil suivant.

Principe. — Si l'on réalise deux sources à températures constantes et inégales et qu'on les réunisse par un corps bon conducteur, un flux continu et régulier de chaleur parcourra celui-ci à travers sa masse, si bien que chacun de ses points sera à une température constante, d'autant plus froide qu'il sera plus loin de la source chaude. Entre deux points fixes, l'écart constant de température sera une fraction déterminée de l'écart de température maintenu entre les deux sources.

La source chaude pourra être, suivant la température maxima qu'on

(1) Séance du 26 décembre 1923.

désire, un bain de matière en fusion, un bain de liquide à l'ébullition, un bain liquide à température réglée, ou encore une résistance électrique à régulateur, ou toute autre source débitant de la chaleur sous température constante.

De même, la source froide par où s'élimineront les calories transportées à travers le bloc, sera constituée soit par un écoulement de liquide à température constante, soit par un bain partiellement fondu ou bouillant, etc.

Le bloc formant pont entre les deux sources sera d'un métal à haute conductiblité : cuivre ou aluminium, par exemple. Sa forme sera étudiée pour éviter les fuites de chaleur par ses faces latérales et, mieux, il sera calorifugé partout, sauf à ses extrémités en contact avec les sources.

Réalisation. — Nous avons choisi pour constituer les modèles courants, l'aluminium, dont la conductibilité calorifique n'est que moitié de celle du cuivre, mais dont la chaleur spécifique est plus que double, et dont le point de fusion est à 625°, tant à cause de sa légèreté que de son prix et de la facilité de le mouler. On en forme une barre quadrangulaire prismatique dans toute la partie utilisée pour les expériences, continuée à chaque extrémité par deux parties courbées à angle droit qui seront plongées chacune dans une des deux sources, la chaude et la froide. Le tout a l'aspect d'un pont massif. Une feuille d'amiante fixée par des brides enveloppe la partie plane.

La face supérieure du bloc est creusée d'une série de dix cavités convenablement espacées, permettant de loger, suivant leur taille et leur forme, des tubes à essais, des flacons ou tous autres vases où se produira le phénomène dont on cherche l'optimum de température.

Sur l'un des modèles que nous avons réalisé pour dix tubes à essais, la source chaude étant à 100° et la froide à 15°, nous disposons d'une échelle de dix températures constantes allant de 28° à 78° par écarts successifs de 5°. Si la source chaude est portée à 60°, la froide étant maintenue à 15°, l'échelle des températures constantes n'est plus que de 21°,5 à 44°, par écarts successifs de 2°,5.

En diminuant l'écart de température entre les deux sources, on peut augmenter la sensibilité de l'appareil autant qu'on le désire.

La constance de température en chaque point est telle qu'aucun thermostat ne peut la réaliser, puisque les petites variations qui se produisent accidentellement à l'une des sources (par inertie du régulateur, par exemple) se trouve réparties dans toute la masse et n'agissent que très faiblement en un point donné.

Applications. — Les utilisations d'un tel appareil peuvent être si nombreuses que nous ne saurions les énumérer toutes.

Il permettra de déterminer le point de fusion ou d'ébullition de nombreux corps ; pour les alliages fusibles à basse température, il fournira des données plus fines que le bloc de Maquenne; pour les corps gras, il permettra une plus grande précision dans la détermination de leur point de fusion. On entrevoit son emploi pour la recherche de l'inflammabilité des pétroles.

En chimie, les réactions varient de vitesse avec la température; notre bloc permet d'opérer simultanément à dix températures différentes et de déterminer ainsi rapidement l'optimum d'un phénomène donné.

Il en est de même pour l'action des diastases; nous avons expérimenté simultanément, par exemple, l'influence de dix températures sur la digestion peptique de l'ovalbumine par la méthode de Mett.

Le même dispositif est encore utilisable pour les cultures microbiennes, comme nous nous en sommes assurés. On peut même, dans ce cas, faire des séparations d'espèces quand le milieu en contient plusieurs croissant ou mourant à des températures différentes.

Dans tous ces cas, la photographie des dix tubes, en fin d'expérience, permet d'enregistrer directement la courbe du phénomène visible en fonction de la température.

Le bloc à série de températures constantes peut encore servir, dans les industries chimiques et biologiques, à connaître rapidement, au laboratoire, la température optima à laquelle devra être conduite une réaction ou une fermentation.

C'est dire que son emploi nous paraît très général et ses applications multiples.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La chaleur spécifique et la chaleur de mélange, dans le voisinage de l'état critique de miscibilité.* Note (¹) de M. N. **Perrakis**, présentée par M. A. Haller.

L'étude des points de cristallisation d'un certain nombre de mélanges binaires nous avait conduit à formuler la proposition suivante (²) : « Un état proche de la non-miscibilité peut être traduit par une courbe empruntant, dans un certain intervalle, l'allure quasi rectiligne. »

(¹) Séance du 20 décembre 1923.

(²) N. Perrakis, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1137.

C'est là un énoncé général, embrassant, non seulement la température de cristallisation d'un mélange binaire liquide, mais n'importe quelle autre propriété d'un tel système, à condition, toutefois, de rapporter la propriété en question à un système de coordonnées convenablement choisi.

Bref, l'état proche de la non-miscibilité pourra être décelé par l'allure que prendra la courbe traduisant une propriété physique quelconque convenablement représentée (*fig.* 2).

Dans la présente Note, nous exposerons les résultats auxquels nous a conduit l'étude des chaleurs spécifiques et des chaleurs de mélange des systèmes binaires suivants : oxyde de phényle-alcool éthylique, benzine-alcool éthylique, benzine-alcool butylique normal et *o*-crésol-alcool éthylique.

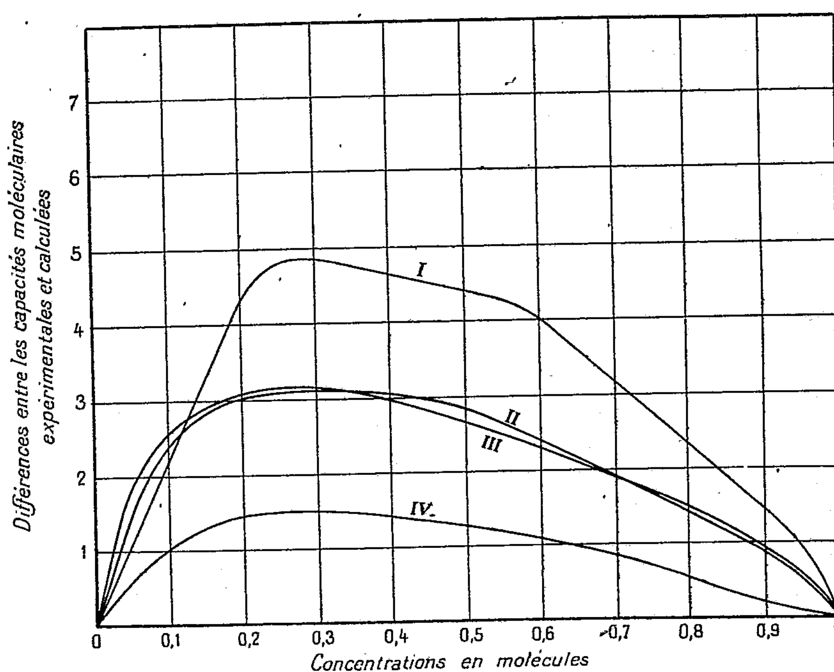


Fig. 1.

Pour l'étude des chaleurs spécifiques, nous avons employé la méthode des mélanges (les corrections ont été faites suivant le procédé Regnault-Pfaundler) et pour celle des chaleurs de mélange, nous avons eu recours à la technique de Berthelot.

Les courbes I, II, III, IV du graphique 1 représentant les différences entre les capacités moléculaires expérimentales et celles calculées par la

régle des mélanges des systèmes cités plus haut, et les courbes I, II, III, IV du graphique 2, représentant les chaleurs de mélange des mêmes systèmes, traduisent les résultats de cette étude.

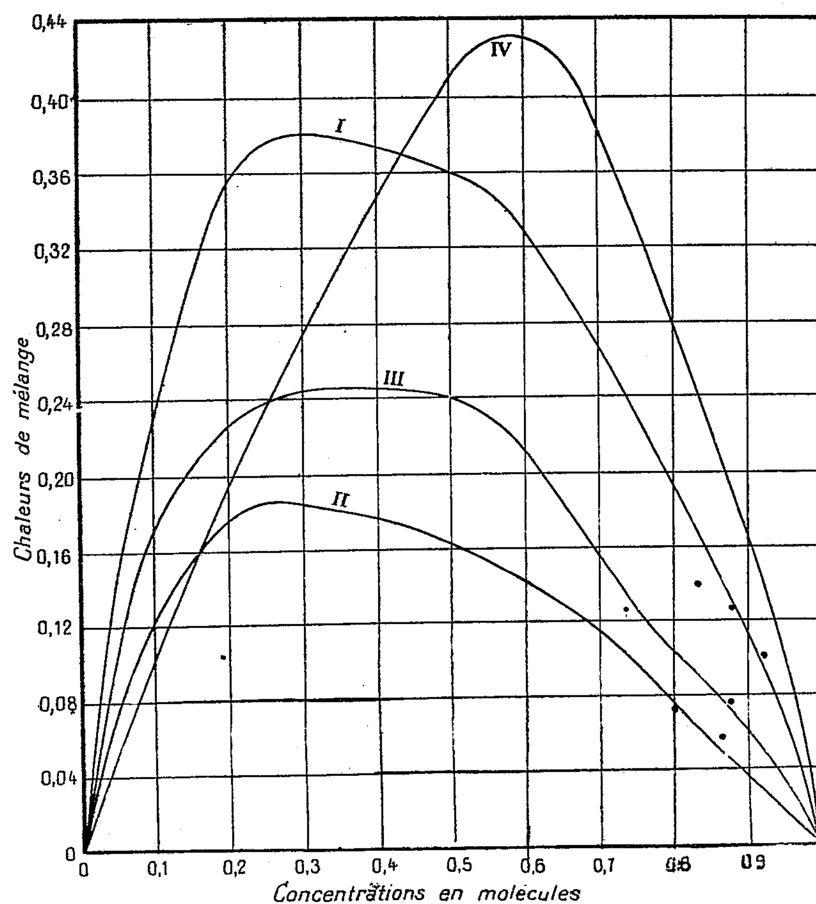


Fig. 2.

Les conclusions auxquelles nous conduit cette étude sont les suivantes :

1° D'accord avec les travaux de Viala (1), nous avons constaté que la chaleur spécifique expérimentale est plus grande que celle qu'on calculerait par la règle des mélanges, à partir des chaleurs spécifiques des constituants.

---

(1) F. Viala, *Bull. Soc. chim.*, t. 15, 1914, p. 5.

2° Que la différence est telle qu'on ne saurait la négliger dans le calcul des chaleurs de mélange.

3° Enfin, on voit, sur les courbes des graphiques 1 et 2 que la partie rectiligne, indice d'un état proche de la non-miscibilité, s'efface progressivement lorsqu'on passe du système I (oxyde de phényle-alcool éthylique) au système IV (*o*-crésol-alcool éthylique), le degré de miscibilité des systèmes croissant dans le même sens que les numéros des courbes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude ébullioscopique des sels doubles formés par le chlorure mercurique avec les chlorures alcalins.* Note [1] de MM. **F. Bourion** et **E. Rouyer**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Communication précédente [2], nous avons montré, par voie ébullioscopique, que les solutions de chlorure mercurique étaient constituées par un mélange en équilibre des deux molécules Cl^2Hg et $[Cl^2Hg]^3$; ce résultat peut être rapproché des observations de M. Tourneux [3] qui, se basant sur des considérations de volume moléculaire, émit l'idée que la molécule de chlorure mercurique solide était $[Cl^2Hg]^3$.

Or, la coexistence de deux molécules Cl^2Hg et $[Cl^2Hg]^3$ complique singulièrement l'étude des combinaisons de ce sel avec les chlorures alcalins.

Si l'on admet tout d'abord que le chlorure mercurique est entièrement à l'état de molécule simple, en appliquant la méthode ébullioscopique décrit antérieurement [4], on a

Volume chl. alcal....	10.	20.	30.	40.	50.	60.	66,6.	70.	80.	90.
Écart pour ClK..	0,126	0,222	0,290	0,349	0,406	0,430	0,428	0,413	0,284	0,179
» ClAm.	0,107	0,195	0,274	0,338	0,391	0,408	0,400	0,387	0,280	0,153
» ClNa..	0,098	0,187	0,230	0,311	0,351	0,362	0,362	0,348	0,272	0,157

les élévations étant pour le Cl^2Hg (1,75 M), 0°,686; pour ClK, 1°,734; pour ClAm, 1°,723 et pour ClNa, 1°,814.

Le maximum est, dans les trois cas, un peu au delà de 60, et caractériserait la combinaison $Cl^2Hg, 2ClM$.

---

(1) Séance du 26 décembre 1923.

(2) F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 94.

(3) C. Tourneux, *Thèse de Doctorat*; Paris, Gauthier-Villars, 1918, p. 94.

(4) F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1708.

On obtient des résultats voisins, en rapportant les élévations des sels simples au poids d'eau du mélange.

Mais une telle manière de procéder est incorrecte, car des deux molécules présentes dans la solution Cl^2Hg et $(Cl^2Hg)^3$, seule la molécule simple participe directement à la formation du complexe; et notamment l'équivalence de concentration des sels séparés n'aura lieu véritablement que pour l'égalité de concentration des molécules simples Cl^2Hg et du chlorure alcalin.

La concentration apparente C du chlorure mercurique supposé entièrement à l'état de molécule simple sera donnée par

$$3\,Cl^2Hg \rightleftharpoons [Cl^2Hg]_3, \tag{1}$$

$$\frac{c^3}{c'} = K = 2,78 \qquad (C = c + 3c'). \tag{2}$$

Pour une concentration $c = 1,3$ M, la concentration apparente C correspond à une masse de $994^g,81$ par litre et une élévation de $0^\circ,844$ pour la molécule simple, alors que pour la concentration apparente $C = 1,3$ M, ces grandeurs seraient respectivement $352^g,3$ et $0^\circ,534$.

Mais une difficulté surgit dans l'application, car lors du mélange, la molécule Cl^2Hg se combine partiellement au chlorure alcalin et l'on en est réduit aux hypothèses pour déterminer la concentration c à l'instant de l'équilibre.

A la vérité, on se rend maître de cette difficulté moyennant les observations suivantes : un essai préalable fixe l'ordre de grandeur de l'écart ébullioscopique maximum.

Si l'on admet, en première approximation, que les variations d'écart sont proportionnelles aux variations des fractions combinées et si l'on utilise en outre les données de M. Coulern [1] (déterminations cryoscopiques) on aura pour chaque composition du mélange la concentration c de Cl^2Hg libre; de l'équation (2) on tire c'. De l'élévation du mélange, on retranche l'élévation très petite due à la molécule triple. Ce processus peut sembler un peu arbitraire, mais il n'en est rien, car l'on peut faire varier la fraction de molécule simple supposée combinée, de 20 à 30 pour 100 de sa valeur sans que les résultats observés diffèrent les uns des autres de quantités supérieures aux erreurs expérimentales, comme nous l'ont montré de multiples essais. On a pour la concentration 1 M :

---

[1] COULERN, *Thèse d'Université;* Strasbourg, 1923.

Vol. chl. alcal.	10.	20.	30.	40.	45.	50.	53.	60.	70.	80.	90.
Écart pour ClK	0,107	0,193	0,234	0,251	0,270	0,277	0,279	0,267	0,251	0,187	0,098
» ClAm	0,102	0,174	0,232	0,245	0,253	0,265	0,263	0,253	0,226	0,171	0,083
» ClNa	0,098	0,171	0,212	0,226	0,232	0,239	0,238	0,230	0,204	0,167	0,077

les élévations des sels purs 1 M étant : pour le Cl^2Hg, 0,631; pour le ClK, 0,924; pour le ClAm, 0,933 et, pour le ClNa, 0,951.

On a observé pour la concentration 1,3M :

Vol. chl. alcal.	20.	30.	40.	45.	50.	53.	60.	70.	80.	90.
Écart pour ClK	0,285	0,364	0,395	0,397	0,410	0,404	0,394	0,342	0,247	0,126
» ClAm	0,293	0,374	0,400	0,417	0,416	0,412	0,400	0,351	0,255	0,123
» ClNa	0,272	0,357	0,369	0,378	0,379	0,378	0,366	0,311	0,236	0,128

les élévations des sels simples (1,3M) étant : pour le Cl^2Hg, 0,844; pour le ClK, 1,231; pour le ClAm, 1,236 et, pour le ClNa, 1,276.

Le maximum des écarts pour les trois sels a lieu pour la composition 50-50, et caractérise la combinaison Cl^2Hg, ClM ou $[HgCl^3]M$, de même type que $[Cl^2Hg]^3 = [HgCl^3]Hg$ trouvée précédemment; ce maximum, sensiblement le même pour ClK et ClAm, est plus petit pour ClNa.

Ces résultats sont à rapprocher de ceux obtenus par M. Shibata (1) qui, étudiant le spectre d'absorption ultraviolet de mélanges variables de sels, a observé un déplacement vers les grandes longueurs d'onde d'autant plus grand que la proportion de complexe formé est plus considérable; pour les trois couples précédents, il a constaté en solution étendue (0,1 M) la formation de la combinaison $Cl^2Hg - ClM$. Cette coïncidence justifie *a posteriori* la méthode que nous avons suivie. Nous voyons à quelle erreur on s'exposerait si l'on ne tenait pas compte de l'association du chlorure mercurique, car, dans ce dernier cas, on serait conduit à la combinaison $Cl^2Hg, 2ClM$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Kaolins, argiles, etc. Plasticité colloïdale. Phénomènes de* gel *et de* sol. Note (2) de M. A. **Bigot**, présentée par M. Haller.

Dans les deux Notes précédentes (3) nous avons résumé nos recherches sur la plasticité colloïdale des kaolins, des argiles, etc., et nous avons

(1) J. Shibata, T. Inauje et Y. Nakatruka, *Japanese Journ. of Chemistry*, t. 1, 1922, p. 1.

(2) Séance du 26 décembre 1923.

(3) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 510 et 1470.

démontré l'influence des colloïdes sur la résistance mécanique et la gélivité des kaolins et des argiles après leur cuisson.

Schlœsing [1] a découvert que ces colloïdes sont sensibles à certains agents chimiques, acides, bases ou sels, qui tantôt augmentent la quantité de colloïdes, tantôt la diminuent.

Depuis Schlœsing ces phénomènes ont été étudiés et décrits par un grand nombre de savants, mais le résultat de ces études est très incomplet. Nous avons repris la question en opérant sur des kaolins, des argiles, des silices légères, de la bauxite, de l'ocre, de l'ardoise; ces matières sont, au préalable, broyées à l'eau en poudre impalpable et passées au tamis de soie.

Ces matières, ainsi préparées, placées en suspension dans l'eau à l'état de barbotine, sont soumises à l'action de quelques gouttes de certains réactifs : ou bien la barbotine s'épaissit par suite du développement des colloïdes, c'est l'état de *gel*, ou bien la barbotine devient fluide, par disparition d'une partie des colloïdes, c'est l'état de *sol*, ou bien le réactif n'a pas d'action.

Ces phénomènes de gel et de sol ont déjà reçu des applications dans la fabrication par coulage de certaines pièces céramiques et dans la purification des argiles et des kaolins par osmose électrique.

Dans le tableau suivant, nous désignons par : A, le kaolin de Bretagne [2]; B, le kaolin des Pyrénées; C, le kaolin des Eyzies; D, le kaolin d'Algérie; E, la bauxite de Maussanes; F, l'argile réfractaire de Provins à 38 pour 100 d'alumine; F', la même argile après traitement au bain-marie par l'eau régale; G, l'argile à grès de Diou (Allier); H, l'argile ordinaire de Vaugirard; I, l'argile ordinaire d'Aunay (Nièvre); J, l'argile schisteuse de Marles; K, la même calcinée vers 750°; L, l'ardoise d'Angers; M, l'ocre d'Auxerre; N, la silice d'infusoires de Ouillis (Algérie); O, la silice d'infusoires de Murat (Cantal); P. la silice globulaire de Mesnes (Indre); Q, la silice globulaire de Toucy (Yonne).

Ces résultats si variés sont inexplicables pour le moment; toutefois, nous faisons les remarques suivantes :

1° Les kaolins de Bretagne et ceux des Pyrénées que l'on obtient par lavage des granits décomposés sont peu plastiques, se comportent de la même façon vis-à-vis des réactifs.

---

(1) *Comptes rendus*, 1878, p. 1438.
(2) *Comptes rendus*, 4 mars 1921.

2° Les kaolins des Eyzies et d'Algérie qui se rencontrent en bancs alluvionnaires et sont très plastiques se comportent de même, sauf avec le silicate de potassium, et donnent le *gel* avec presque tous les réactifs.

Réactifs.	A.	B.	C.	D.	E.	F.	F'.	G.	H.	I.	J.	K.	L.	M.	N.	O.	P.	Q.
HCl...........	gel	gel	gel	gel	gel	gel	//	gel	gel	//	gel	//	//	gel	//	//	//	//
AzO^3H........	gel	gel	gel	gel	//	gel	//	gel	gel	//	gel	//	//	//	//	//	//	//
SO^4H^2.........	//	//	//	gel	//	gel	//	//	gel	gel	gel	//	//	//	//	//	//	//
AzH^3..........	sol	sol	gel	gel	gel	sol	sol	sol	gel	gel	gel	gel	gel	gel	gel	gel	gel	gel
NaOH.........	sol	sol	gel	gel	gel	gel	//	gel	gel	gel	gel	gel	gel	gel	gel	gel	gel	gel
KOH..........	sol	sol	gel	gel	gel	gel	//	gel	gel	gel	gel	//	gel	//	gel	//	//	//
AzH^4Cl........	gel	gel	gel	gel	sol	gel	gel	//	gel	gel	gel	//	//	gel	gel	gel	gel	gel
NaCl..........	//	//	//	sol	//	gel	//	//	//	gel	gel	//	//	//	//	//	//	//
$CaCl^2$.........	gel	gel	gel	//	sol	gel	//	//	//	gel	gel	//	//	//	//	//	//	//
$CO^3(AzH)^2$....	sol	sol	gel	gel	//	gel	gel	//	gel	gel	gel	//	//	gel	gel	gel	gel	gel
CO^3Na^2........	sol	sol	gel	gel	//	gel	//	sol	gel	//	gel	//	//	//	//	gel	//	//
CO^3K^2.........	sol	sol	gel	gel	//	gel	gel	gel	gel	gel	gel	//	gel	//	sol	gel	gel	//
Silicate Na.....	sol	sol	sol	sol	sol	sol	sol	sol	gel	sol	gel	gel	gel	sol	//	//	gel	gel
Silicate K......	sol	sol	gel	sol	sol	sol	sol	sol	gel	soi	gel	gel	gel	sol	//	//	gel	gel

3° L'argile de Provins traitée par l'eau régale, qui brûle les matières organiques et dissout l'oxyde de fer, est beaucoup moins sensible aux réactifs qu'avant ce traitement.

4° L'argile schisteuse de Marles calcinée à 750°, contenant encore un peu d'eau de combinaison et ne renfermant plus de matières organiques, est gélive : elle est devenue beaucoup moins sensible aux réactifs.

5° L'ardoise d'Angers, qui a la composition d'une argile partiellement déshydratée et contenant des matières organiques, se rapproche de l'argile schisteuse incomplètement déshydratée.

6° Les silices légères (infusoires, diatomées, globulaires) sont insensibles aux acides; les premières restent neutres aux silicates alcalins qui produisent le gel avec les dernières.

Nous avons constaté que les argiles incomplètement déshydratées et gélives produisent, avec les réactifs appropriés, les phénomènes de gel ou de sol, et c'est là un procédé qui permet de déterminer rapidement la gélivité des produits céramiques.

Les poteries noires étrusques qui sont gélives produisent, après broyage, le phénomène de gel avec le silicate de potasse.

Les produits céramiques déshydratés complètement par la cuisson ne donnent naissance ni au *gel* ni au *sol*, ce qui confirme nos expériences antérieures sur la destruction des principes colloïdaux par la chaleur.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Séparation des protéides du blanc d'œuf par la méthode à l'acétone.* Note (¹) de M. **Maurice Piettre**, présentée par M. Lindet.

Poursuivant nos recherches sur les albuminoïdes, en appliquant la méthode instaurée par M. A. Vila (²) et nous-même, dans les travaux sur le sang, nous avons étudié la séparation des protéides du blanc d'œuf.

I. On part de 105 à 115^{cm^3} d'albumen provenant de quatre œufs frais. On étend avec 2 volumes d'eau distillée, agite fréquemment pour rompre les masses visqueuses et filtre afin d'éliminer les filaments blanchâtres.

La liqueur claire est mise sur éther, dans une boule à robinet, en évitant une trop forte émulsion. Le lendemain on décante le liquide limpide et détermine, par des essais préliminaires, sur de petits volumes ($0^{cm^3},5$ à 1^{cm^3}) la quantité d'HCl $\frac{N}{100}$ nécessaire pour saturer la faible alcalinité du blanc d'œuf. Il faut entre $1^{cm^3},55$ et $1^{cm^3},70$ $\frac{HCl}{100}$ par centimètre cube; on doit avoir une très légère acidité au tournesol sensible, marque Gallois. Pour des teneurs en acide nettement inférieures ou supérieures, le précipité obtenu est incomplet ou bien peut être redissout presque totalement.

On ajoute alors au reste de la liqueur albumineuse la quantité correspondante de $\frac{HCl}{1}$ en agitant vivement. Le lendemain on siphonne la liqueur claire, centrifuge le précipité floconneux blanc, et joint les eaux sans pertes.

On a ainsi une première *protéine* possédant les propriétés générales des globulines : soluble dans les alcalis étendus, l'eau de chaux, les acides dilués, elle est précipitée de ses solutions aux approches de la neutralité, mais en réaction très légèrement acide.

II. La liqueur débarrassée de cette globuline, refroidie aux environs de 0°, est additionnée lentement d'un peu moins de son volume d'acétone froide. Il se produit un fin précipité grenu qui par repos s'agglomère en gros flocons laissant les eaux mères limpides.

On essore sur Büchner, en évitant tout réchauffement, égoutte parfaitement l'acétone et lave le filtrat, blanc jaunâtre, de consistance un peu molle, une ou deux fois à l'éther sec. Le filtre est immergé tout entier, quelques

(¹) Séance du 26 décembre 1923.

(²) Piettre et Vila, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1466, et t. 171, 1920, p. 372.

heures, dans un petit volume d'eau distillée, puis détaché alors avec facilité. On réunit le soluble, l'insoluble blanc, les eaux de lavage du filtre, fait un volume d'environ 60^{cm^3}, sature d'éther après refroidissement modéré. 24 heures après, on filtre ou centrifuge, lave l'insoluble qui est joint aux globulines du précipité suivant et complète à 100^{cm^3}. On a une belle liqueur jaune d'or, qui contient l'*ovalbumine*.

La purification a lieu par précipitation alcoolique fractionnée. Déjà à la concentration de 1 pour 100, la solution d'albumine donne par refroidissement, comme le sérum-albumine ou la lactalbumine, un léger précipité floconneux blanc qui, rapidement centrifugé, se rassemble et fond en une petite masse sirupeuse, jaune d'or, se solidifiant brusquement au contact de la glace pour se ramollir à la chaleur de la main. Pratiquement, à 100^{cm^3} de la solution, on ajoute en agitant vivement de 12 à 15^{cm^3} d'alcool à 96°, refroidit 30 à 40 minutes dans un mélange de glace et sel et centrifuge. On sépare avec soin les eaux mères qui sont de nouveau traitées de la même façon, etc. Les divers culots, après solidification au froid, sont bien égouttés pour éliminer le plus possible d'alcool et dissous dans l'eau distillée. On obtient, après filtration, une liqueur très limpide, d'un jaune très léger, qui peut être soumise à une deuxième purification.

La coagulation de l'ovalbumine débute, entre 52°,5 et 53°, par un faible trouble qui augmente brusquement entre 54°-55° pour donner d'abondants flocons, laissant le milieu clair. Il se produit de nouveau une série de floculations qui cessent à 61°-62°.

Pouvoir rotatoire : $\alpha_D = -41°25'$.

L'ovalbumine peut être obtenue et conservée sous forme d'une poudre jaune clair par dessiccation rapide entre 30° et 35°.

III. Après séparation de l'albumine on ajoute au liquide filtré refroidi une nouvelle quantité d'acétone jusqu'à ce que la liqueur primitive contienne son volume de ce solvant. Le précipité volumineux obtenu est essoré sur trompe, lavé à l'éther, puis mis en suspension dans de l'eau distillée pour éliminer des traces d'ovalbumine, et filtré. C'est une matière d'un blanc éclatant, possédant les propriétés générales des globulines. Elle se dissout dans les alcalis étendus en donnant une solution extrêmement visqueuse, presque solide, qu'il faut étendre fortement pour être assez facilement filtrable.

IV. Enfin on sépare aisément le *glucoprotéide* de l'œuf, correspondant sans doute au « mucoïde » de Mörner. Il suffit d'ajouter, après énergique refroidissement, un volume d'acétone sensiblement égal au précédent, de

laisser déposer lentement le fin précipité blanc et de décanter ou siphonner avec précaution la liqueur mère. Une fois l'acétone complètement évaporée, on reprend par de l'eau distillée, filtre et fait un volume de 100^{cm^3}.

Par évaporation au bain-marie, on obtient une belle matière blonde, de saveur douceâtre, gommeuse, soluble dans l'eau, ne possédant aucune viscosité même en présence d'alcalis.

Contrairement aux données classiques, les solutions réduisent directement à l'ébullition la liqueur de Fehling, et à température modérée, les sels de mercure et de bismuth en milieu potassique ainsi que le nitrate d'argent ammoniacal.

Teneur en azote : 11,64, 11,59, 11,62 pour 100.
Pouvoir rotatoire $\alpha_D = -62°47'$.

La séparation analytique pour 100^{cm^3} d'albumine donne en moyenne :

Globuline (première précipitation)	1,80
Ovalbumine	1,45
Globuline (deuxième précipitation)	5.8
Ovoglucoprotéide	1,4

Conclusion. — Ici encore la méthode à l'acétone, légèrement modifiée, a le grand avantage de permettre la séparation progressive des divers protéides sans négliger aucune des substances sucrées ($0^g,4$ de glucose en moyenne), grasses, minérales, extractives azotées. Elle réalise donc une une véritable technique analytique qui nous paraît devoir être applicable à l'étude chimique de diverses sécrétions organiques et peut-être même de certains parenchymes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide α-α-β-triphénylpropionique et quelques-uns de ses dérivés.* Note (¹) de Mme **P. Ramart**, présentée par M. A. Haller.

Au cours d'une étude que nous poursuivons sur certaines transpositions moléculaires, il nous a été nécessaire de préparer l'acide α-α-β-triphénylpropionique. Dans la littérature chimique nous n'avons trouvé que les renseignements suivants concernant ce composé :

a. En faisant agir un mélange d'acide acétique et d'acide chlorhydrique sur l'α-α-β-triphénylpropionitrile en tube scellé à 220°, Neure (²) obtint

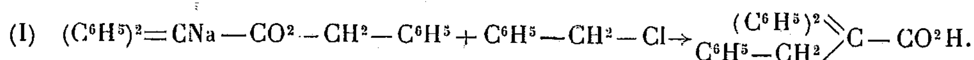
(¹) Séance du 26 décembre 1923.

(²) Neure, *Ann. der Chemie*, t. 250, 1889, p. 147.

un acide fondant à 162°. Les rendements en ce produit furent si faibles qu'il ne put en faire l'analyse et qu'il se contenta d'un dosage du sel d'argent; cependant, il assigna au corps obtenu la formule de l'acide α-α-β-triphénylpropionique.

b. Plus tard Bistrzycki et Mauron [1] en condensant l'acide phénylpyruvique sur le benzène, en présence d'acide sulfurique concentré, obtinrent également (mais une seule fois) un corps fondant à 162° en très faible quantité; ils n'en firent pas l'analyse et ils pensèrent avoir obtenu le même acide que Neure.

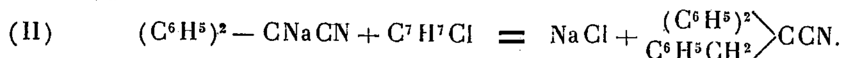
Devant ces résultats, nous avons cherché à obtenir ce composé par une autre méthode. De fait, nous avons pu le préparer avec d'excellents rendements par action du chlorure de benzyle sur du diphénylacétate de benzyle sodé au moyen de l'amidure et saponification de l'éther ainsi obtenu :



$$(I)\quad (C^6H^5)^2{=}CNa-CO^2-CH^2-C^6H^5+C^6H^5-CH^2-Cl \rightarrow \genfrac{}{}{0pt}{}{(C^6H^5)^2}{C^6H^5-CH^2}\!\!>C-CO^2H.$$

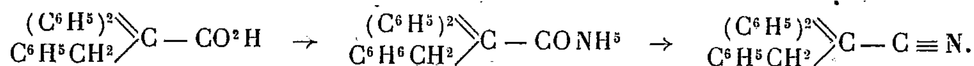
Mais cet acide, auquel l'analyse assigne la formule brute $C^{21}H^{18}O^2$, au lieu de fondre à 162°, comme l'indiquent les auteurs déjà cités, fond à 132°. Nous avons tenu à vérifier que notre acide a bien la constitution que nous lui attribuons.

1° En préparant l'α-α-β-triphénylpropionitrile par l'action du chlorure de benzyle sur la diphénylacétanitrile sodé au moyen de l'amidure de sodium. Ce nitrile possède le point de fusion 126°. Neure [2], qui avait déjà obtenu ce composé par une méthode un peu différente, lui assigne également 126° comme point de fusion.



$$(II)\qquad (C^6H^5)^2-CNaCN+C^7H^7Cl \;=\; NaCl+\genfrac{}{}{0pt}{}{(C^6H^5)^2}{C^6H^5CH^2}\!\!>CCN.$$

2° D'autre part, nous avons préparé l'amide de notre propre acide, fondant à 132°, et nous l'avons déshydraté au moyen de P^2O^5. Le nitrile que nous avons ainsi obtenu fond, comme le nitrile (II) à 126°. Le point de fusion du mélange des deux nitriles est également de 126° :



$$\genfrac{}{}{0pt}{}{(C^6H^5)^2}{C^6H^5CH^2}\!\!>C-CO^2H \;\rightarrow\; \genfrac{}{}{0pt}{}{(C^6H^5)^2}{C^6H^6CH^2}\!\!>C-CONH^5 \;\rightarrow\; \genfrac{}{}{0pt}{}{(C^6H^5)^2}{C^6H^5CH^2}\!\!>C-C\equiv N.$$

L'analyse de notre acide, sa méthode de synthèse, l'identité des deux

---

(1) BISTRZYCKI et MAURON, *Ber.*, t. 43, 1910, p. 2889.
(2) NEURE, *Ann. der Chimie*, t. 253, p. 143.

nitriles, ne laissent aucun doute sur sa constitution qui est bien celle de l'acide α-α-β-triphénylpropionique.

Nous devons ajouter que nous avons voulu répéter l'opération de Neure en chauffant en tube scellé à 220° le α-α-β triphénylpropionitrile avec un mélange d'acide acétique et d'acide chlorhydrique. Le produit obtenu se trouvait en quantité si faible que nous n'avons pu vérifier son point de fusion. Nous devons également ajouter que le point de fusion de notre acide ne varie pas quels que soient les milieux dans lesquels il cristallise : précipité par un acide de son sel de sodium ou de son sel d'ammoniaque, en solution aqueuse, cristallisé dans de l'alcool, dans de l'éther, distillé dans le vide, il fond toujours à 132°.

Au cours de ce travail nous avons préparé les composés suivants qui n'avaient pas encore été décrits :

Diphénylacétate de benzyle. — Il a été obtenu en faisant agir le chlorure de l'acide diphénylacétique sur l'alcool benzylique. Il bout à 205°-207° sous 2^{mm}, est très soluble dans l'éther, moins dans l'alcool d'où il cristallise en fines aiguilles fondant à 35°.

α-α-β-*triphénylpropionate de benzyle.* — Ce composé résulte de l'action du chlorure de benzyle sur l'éther précédent préalablement sodé au moyen de l'amidon de sodium. C'est un produit qui bout à 270°-275° sous 2^{mm}, qui est assez soluble dans l'éther et dans l'alcool à chaud, moins soluble à froid. Il cristallise en beaux prismes incolores fondant à 85°.

Acide α-α-β-*triphénylpropionique.* — Si l'on traite l'éther que nous venons de décrire par de la potasse alcoolique, on obtient l'acide α-α-β-triphénylpropionique. Cet acide est très stable et peut être distillé sous pression réduite sans décomposition. Il cristallise en beaux prismes incolores, solubles dans la ligroïne et fondant à 132°.

Amide α-α-β-*triphénylpropionique.* — On prépare d'abord le chlorure de l'acide correspondant au moyen de $SOCl^2$, puis on fait tomber goutte à goutte le chlorure acide ainsi obtenu dans de l'ammoniaque en solution concentrée. Cette amide, purifiée par cristallisation dans un mélange d'éther anhydre et de ligroïne, cristallise en fines aiguilles fondant à 111°.

En résumé, nous avons montré :

1° Qu'on réussit à soder, au moyen de l'amidure, un éther-sel, en l'espèce le diphénylacétate de benzyle, et que le dérivé métallique ainsi obtenu, traité par du chlorure de benzyle fournit du diphénylbenzylacétate de benzyle ou α-α-β-triphénylproprionate de benzyle ;

2° Que l'acide obtenu par saponification de cet éther fond à 132° et non à

162°, comme l'indiquent Neure d'une part, et Bistrzycki et Mauron d'autre part;

3° Que le nitrile préparé à partir de notre acide de synthèse est identique, comme point de fusion (126°) à celui obtenu par Neure et aussi par nous-même au départ du diphénylacétonitrile.

LITHOLOGIE. — *Sur la présence d'un mica blanc dans les sédiments argileux*. Note (1) de M. **Thiébaut**.

Les études auxquelles nous nous sommes livré sur la composition des marnes et des argiles calcaires nous ont conduit à y rechercher plus spécialement l'halloysite (ou la kaolinite) que l'on regarde habituellement comme l'élément essentiel de ces roches.

Dans des Notes précédentes (2), nous avons déjà exposé la méthode que nous avons employée pour définir la composition des marnes du Keuper de Lorraine et de l'Oligocène d'Alsace : Après élimination des carbonates par un acide faible, la substance est attaquée à deux reprises différentes à la température du bain-marie par l'acide chlorhydrique étendu de son volume d'eau, jusqu'à dessiccation complète; une troisième opération serait pratiquement inutile. Après extraction par une solution de soude très pure de la silice mise en liberté, le résidu est lavé à chaud, à de très nombreuses reprises, avec de l'eau, puis avec de l'acide chlorhydrique très dilué et enfin, pour finir, par de l'eau pure; une trentaine d'opérations suffit. En opérant aïnsi, toute trace de soude libre est éliminée.

Le résidu est ensuite soumis à l'action de l'acide sulfurique à chaud jusqu'à évaporation complète de l'acide, puis on le lave avec de l'acide chlorhydrique étendu; enfin, on extrait à l'aide d'une solution de soude la silice mise en liberté. La portion restée inattaquée ne renferme plus que du quartz.

Des essais préalables pratiqués sur la muscovite réduite en poudre très fine (au-dessous de μ) nous ont montré que ce minéral n'est encore que très incomplètement attaqué par l'acide chlorhydrique : 30 pour 100 seulement, en moyenne, sont détruits dans ces conditions. La kaolinite se comporte de la même façou. L'halloysite n'est que très incomplètement attaquée.

(1) Séance du 26 décembre 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 447; et t. 177, 1923, p. 273.

L'ilménite, le rutile, le sont moins encore. Par contre, l'acide sulfurique concentré agit énergiquement sur tous ces corps.

La mise en pratique de ces façons d'opérer nous a démontré l'existence de potasse en quantité importante lors des différentes attaques. Le résidu du traitement par l'acide chlorhydrique renferme en particulier une forte teneur en alcalis, comme le démontrent les tableaux qui suivent :

	Keuper		Lias						
	inférieur.	supérieur.	inférieur.	supérieur.	Albien.	Sénonien.	Danien.	Sannoisien.	Rupélien.
	Seroles.	Bayon.	Nomény.	Piennes.	Myennes.	Monteclar.	Fa.	Romainville.	Portel.
Marnes.....	Gris verd.	Blanche.	Gris noir.	Grise.	Grise.	Gris clair.	Rouge.	Blanche.	Grise.
					Attaque chlorhydrique.				
SiO^2.......	52,56	48,49	49,02	45,49	45,94	46,50	43,89	56,79	48,91
Al^2O^3......	17,54	20,59	27,76	25,90	21,07	23,74	23,00	16,66	23,07
FeO, MnO.	6,55	10,02	7,60	10,61	17,61	14,94	16,28	7,84	7,69
MgO......	9,87	7,23	2,78	3,27	3,71	2,21	5,63	6,27	7,23
K^2O.......	4,67	4,40	2,85	4,05	5,27	3,94	2,19	4,30	5,21
Na^2O......	1,91	1,11	1,04	1,07	0,75	0,67	0,58	0,52	1,23
H^2O.......	6,91	8,16	8,95	9,80	5,65	7,99	8,43	7,33	6,65
Rapport.									
$\frac{K^2O Na^2O}{Al^2O^3}$..	0,47	0,32	0,17	0,24	0,33	0,23	0,20	0,32	0,33
					Attaque sulfurique.				
TiO^2......	5,71	3,07	5,57	5,17	2,93	4,94	3,55	3,63	3,67
SiO^2......	47,17	46,94	44,47	42,81	44,66	42,86	43,94	47,24	47,73
Al^2O^3......	28,89	34,40	31,52	32,25	33,10	31,18	35,65	27,71	28,00
Fe^2O^3......	1,36	1,77	1,68	0,91	1,89	1,46	1,04	3,22	3,25
MgO......	0,68	1,01	0,50	0,64	0,75	0,74	0,40	0,69	0,70
K^2O.......	7,76	6,51	3,82	4,11	5,25	7,58	4,71	5,13	5,17
Na^2O......	2,58	0,96	1,74	1,09	1,85	3,65	0,68	1,88	1,90
H^2O.......	5,83	5,34	10,68	13,02	9,55	7,55	10,01	10,48	9,56
Rapports.									
$\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$......	2,82	2,32	2,39	2,33	2,29	2,33	2,10	2,89	2,90
$\frac{H^2O}{Al^2O^3}$......	1,14	0,88	1,92	2,28	1,63	1,37	1,57	2,14	1,93
$\frac{K^2O Na^2O}{Al^2O^3}$..	0,43	0,26	0,23	0,19	0,26	0,46	0,17	0,32	0,31

Comme on le voit, la majeure partie des oxydes de fer et la presque totalité de la magnésie sont solubilisés par le traitement chlorhydrique. Dans le résidu de l'attaque sulfurique, le rapport de la silice à l'alumine

combinées est voisin de 2. Celui de l'alumine à l'eau est généralement inférieur à ce chiffre. Mais les proportions d'alcalis et d'alumine sont pratiquement constantes, quel que soit le mode d'attaque et sont sensiblement entre elles comme les nombres 1 et 3.

Or, l'analyse des micas blancs donne des résultats semblables à ceux du second tableau; la quantité d'eau combinée y est cependant un peu moins élevée comme le montrent les résultats suivants (1) :

Na^2O	1,01	1,76	1,44	1,31	2,42	1,51
K^2O	6,05	8,85	6,69	10,03	5,89	5,62
MgO	0,50		2,00	0,27	0,21	0,53
CaO	0,27	traces	0,05		0,63	0,14
MnO, FeO		traces			traces	
Al^2O^3	34,70	35,61	37,17	34,85	34,32	27,72
Fe^2O^2	traces		2,18	1,95	3,18	3,07
SiO^2	53,01	46,61	45,72	46,42	46,93	55,80
H^2O	4,67	6,50	6,79	5,09	5,83	4,03
Rapports moléculaires.						
$\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$	2,59	2,22	1,99	2,25	2,31	3,40
$\frac{H^2O}{Al^2O^3}$	0,23	0,35	0,25	0,37	0,30	0,30
$\frac{K^2O\,Na^2O}{Al^2O^3}$	1,13	1,03	1,03	0,83	0,96	0,82

Faisant abstraction de l'acide titanique auquel nous attribuons volontiers une origine détritique, nous croyons pouvoir conclure que le résidu chlorhydrique de toutes les roches étudiées est en majeure partie, sinon en totalité, formé d'un mica blanc et de quartz. Ce mica entre aussi vraisemblablement pour une part dans la composition des silicates attaqués par l'acide chlorhydrique. Par contre, l'halloysite (ou la kaolinite) manquent à peu près complètement ou n'interviennent que pour une assez faible part dans la composition des sédiments analysés.

---

(1) C. Doelter, *Handbuch der Mineralchemie.*

LITHOLOGIE. — *La prétendue syénite de Coutances.* Note (¹) de Mme E. **Jérémine.**

La roche éruptive qui forme un grand massif allongé NE-SW sur les feuilles de Coutances et de Saint-Lô s'étendant dans la direction de Coutances à Montreuil-sur-Lozon, est appelée syénite dans la notice de la feuille géologique de Coutances, elle est indiquée comme renfermant des filons de diorite d'une structure plus ou moins schisteuse. Mais parmi les anciens auteurs, Alex. Brongniart (²) parle à son sujet d'une diorite granitoïde (sélagite de Haüy), à Laperque, près Coutances, et Bonnissent (³) indique sur les feuilles de Coutances et de Saint-Lô « comme espèces dominantes » la syénite et la diorite : les deux roches sont composées, d'après ce dernier auteur, de feldspath, de quartz, d'amphibole et de biotite.

En fait, la roche de Coutances, tant en raison de sa composition minéralogique que de sa composition chimique, doit être considérée comme étant *une diorite quartzique à amphibole et biotite.* Le quartz y est très abondant, il remplit les vides laissés entre les autres minéraux; il apparaît comme brisé en agrégat de petits grains aux contours zigzagués, il présente des extinctions roulantes. Les feldspaths des gisements étudiés sont des plagioclases, parfois zonés, allant de l'oligoclase à l'andésine, l'albite est fréquente; l'orthose est absente.

L'amphibole est une hornblende commune aux teintes de polychroïsme suivantes : n_g-vert bleu, n_p-vert pâle et n_m-vert. L'angle d'extinction est de 23° sur la face g^1. Cette amphibole est souvent maclée suivant h^1. La biotite assez abondante est un peu chloritisée. La hornblende et la biotite contiennent de petits cristaux de zircon entourés d'auréoles polychroïques. Il y a toujours un peu d'apatite.

Les feldspaths sont plus ou moins saussuritisés, l'altération commençant au cœur des cristaux. Comme produits de transformation de ces divers éléments, on rencontre de l'épidote, de la séricite, un peu de calcite.

L'analyse chimique confirme entièrement ces caractéristiques minéralo-

---

(¹) Séance du 26 décembre 1923.

(²) Alex. Brongniart, *Classification et caractéristique minéralogique des roches homogènes et hétérogènes.* Paris, 1827, p. 81.

(³) Bonnissent, *Essai géologique sur le département de la Manche.* Cherbourg, 1870.

giques. Les paramètres sont 'II.4'.3.4. La composition du plagioclase moyen calculé est celle d'une andésine à 41 pour 100 d'anorthite, un peu plus calcique que les feldspaths exprimés à cause de la nature de l'amphibole qui est alumineuse. Les traits magmatiques caractéristiques de la roche sont la prédominance de la soude sur la potasse et une teneur notable en fer et en chaux.

Le mode de gisement de cette diorite est un peu particulier. Elle se présente très rarement en affleurements rocheux. Ordinairement, elle est décomposée en grosses boules dont le centre est très frais, séparées entre elles par une arène de désagrégation sur place. Ces blocs sont faciles à dégager de leur gangue et sont employés, sans être taillés, comme matériaux de construction.

Les gisements des roches les plus fraîches que nous ayons étudiés se trouvent sur la feuille de Saint-Lô, à Hautteville-la-Guichard, à Feugères, les Roches-Bretons et le Bois.

Dans ce pays très plat et très couvert, où les affleurements ne sont visibles que dans les carrières et les tranchées des chemins, on voit rarement les relations mutuelles des roches. Sans pouvoir préciser les conditions de gisement géologique, ni la continuité des roches décrites, on peut constater que les diorites et les granites écrasés sont souvent accompagnés d'amphibolites et de cornes amphiboliques et pyroxéniques. L'une de ces amphibolites a été analysée; c'est une ortho-amphibolites ayant les paramètres (II)III.5.3.'5. qui sont ceux d'un gabbro pauvre en potasse et assez riche en soude. Le feldspath calculé est un plagioclase à 34 pour 100 d'anorthite.

Au microscope, la roche se montre très riche en amphibole verte allongée et alignée, le feldspath est peu ou pas maclé, c'est un oligoclase.

Les autres échantillons de ce même gisement présentent quelques variétés. Ils sont tantôt sans feldspaths et alors composés uniquement d'amphibole, tantôt ils contiennent de l'andésine. L'altération donne surtout de l'épidote et de la zoisite, un peu de séricite; parfois l'amphibole est transformée totalement en épidote. Voir ci-contre les analyses des deux roches faites par M. Raoult.

Les cornes amphiboliques constituent de petites bandes englobées dans le granite écrasé au sud de Feugères, sur la route de Marigny. L'amphibole verte y est en petits grains, englobant pœcilitiquement les feldspaths et le quartz, un peu de sphène y est toujours présent. Les produits d'altération sont de la séricite et de l'épidote.

	I.	II.
SiO^2	61,26	52,08
Al^2O^3	17,23	15,13
Fe^2O^3	1,57	2,17
FeO	4,46	6,43
MnO	0,19	0,18
MgO	1,65	7,99
CaO	5,82	9,24
Na^2O	3,99	4,80
K^2O	1,63	0,59
TiO^2	0,80	0,82
P^2O^5	0,16	0,04
H^2O (+)	1,12	0,60
H^2O (—)	0,19	0,25
	100,07	100,02

I. *Diorite quartzique à amphibole et biotite* Hautteville-la Guichard (Manche).
II. *Amphibolite* Écoulandrie, N de Coutances (Manche).

A l'est de Mesnilbus, alignée dans une direction SW-NE comme les cornes amphiboliques précédentes, se trouve une corne pyroxénique riche en magnétite, à grain très fin. Le pyroxène y est un diopside vert, accompagné d'un peu d'amphibole d'un vert foncé. Ces diverses cornes proviennent probablement de la transformation métamorphique de roches sédimentaires riches en chaux et en magnésie, mais le petit nombre de gisements visités et leur mauvais état de conservation ne permettent pas plus de précision sur ce sujet : il n'est pas possible de déterminer leur âge géologique.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur la nature volcanique des rochers de Caloyeri au centre de la mer Égée.* Note de M. **Const. A. Kténas.**

Les grandes manifestations d'activité volcanique dont la mer Égée a été le siège, depuis le Pliocène jusqu'à nos jours, n'ont fourni que très exceptionnellement des laves basaltiques (¹), les roches volcaniques dominantes sont caractérisées par une acidité moyenne. Ce fait est surtout vérifié pour les éruptions du golfe Saronique et des Cyclades (²). Quant à la mer Égée

(¹) Par contre, des basaltes antétertiaires (mélaphyres, spilites) sont très répandus, mais en petites masses, dans les formations secondaires de la Grèce continentale.

(²) Kténas, *Sur une éruption acide au centre du massif des Cyclades* (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 721).

septentrionale, les gisements de formations basaltiques y sont moins rares. En outre des dykes et des filons de basalte labradorique qui, d'après M. De Launay, traversent les formations éruptives antérieures de l'île de Mételin, on a noté la présence de laves basaltiques à Thèbes (Persufli) dans la Thessalie orientale et à l'île de Psathura (Sporades septentrionales).

Le nouveau centre volcanique de Caloyeri que je viens de découvrir au centre de la mer Égée est constitué, exclusivement, par des projections basaltiques, autant qu'on peut en juger par l'exploration des ruines du volcan démoli par l'abrasion marine et par les dislocations (1).

Entre les îles de Chio et d'Andros, à une latitude de 38° 10′ N et à une longitude de 25° 17′ E de Greenwich, s'élève de la fosse égéenne centrale le groupe de rochers de Caloyeri. Le plus grand d'entre eux possède, à peu près, la forme d'un triangle dont l'hypoténuse, d'une longueur de 110^{m} environ, se dirige vers l'Ouest-Nord-Ouest. Sa surface est très irrégulière et dentelée, le point culminant atteint une hauteur de 37^{m}, d'après la Carte de l'Amirauté anglaise.

La roche qui constitue les ruines du volcan de Caloyeri est un *tuf palagonitique* de couleur brun clair, dont les couches possèdent une faible inclinaison vers ONO. Ce tuf est constitué par les produits suivants :

1° Des cristaux et des fragments extrêmement abondants d'*olivine*. Les dimensions des cristaux dépassent rarement 3^{mm}; ils présentent, le plus souvent, la combinaison g^1 (010), e^1 (011) et g^3 (120). Dans les cristaux de seconde consolidation, contenus dans les lapillis, la forme $e^{\frac{1}{2}}$ (021) prédomine;

2° Des cristaux rares d'*augite*. En lames minces, ils sont tantôt d'un vert clair et tantôt d'un brun violacé;

3° Des fragments de cristaux de *plagioclase* basique;

4° Des petits grains (2^{mm}) de *verre palagonitique* qui constitue la masse principale du tuf. Il y a tout le passage entre ces petits grains de sable volcanique et des lapillis angulaires dont la grandeur atteint 60^{mm} au maximum. Ce verre, d'une couleur noir résineux, est scoracié et très riche en cristaux de première et de seconde consolidation. La partie isotrope est rarement intacte; dans la majorité des cas, elle est transformée en une substance jaune, rouge ou brune qui est un mélange de différents oxydes

(1) Le *Mediterranean Pilot* (t. 4, 1918, p. 169) fait mention de la nature volcanique des rochers de Caloyeri.

de fer et de silice, de zéolites, de calcite et de delessite. C'est à la même substance qu'appartient le ciment du tuf.

Il y a quelques mois, j'ai eu l'occasion d'étudier les deux autres volcans basaltiques de la mer Égée septentrionale, ceux de Thèbes et de Psathura. Par opposition au volcan de Caloyeri, on n'y trouve que des laves, les matières et projections y font complètement défaut.

LITHOLOGIE. — *Sur quelques propriétés des lœss.*
Note [1] de M. **V. Agafonoff**, transmise par M. Louis Gentil.

Les lœss en Europe et en Amérique du Nord se trouvent aux bords d'anciens glaciers et sont stratigraphiquement liés aux dépôts de ces derniers. Par contre, il n'en est pas de même pour les lœss de Chine et d'Argentine, puisque dans ces régions il n'a pas existé de glaciers. Malgré ces différences stratigraphiques indubitables, certains échantillons des lœss de Chine et de l'Europe sont presque identiques, et par leur aspect et par leur structure.

Les lœss typiques sont compacts, non stratifiés, sans blocs, à grain extrêmement fin ($0^{mm},01$-$0^{mm},02$), de couleur jaune pâle. Les types les plus fins sont ceux de Chine, puis viennent les lœss russes, roumains, serbes, et enfin les plus grossiers sont les lœss d'Allemagne et de France (plateau de Villejuif et plateau de Demont).

Après lavage des lœss typiques, il reste sur le tamis des tubes, jaune pâle argilo-calcaires et parfois des tubes blancs de calcite presque pure.

Ces tubes se sont formés autour de racines putréfiées des herbes, qui recouvraient les steppes anciennes. Des tubes plus minces se rencontrent dans les lœss de Chine (grande quantité de tubes blancs de calcite); ils sont un peu plus gros dans les lœss russes, encore davantage dans les lœss roumains et serbes; enfin les plus grands, argilo-calcaires, se trouvent dans les lœss allemands et français.

Les limons brunâtres — très voisins des lœss par leurs propriétés physico-chimiques et qui recouvrent toujours ces derniers (« terres à briques » de France et « lehms » d'Allemagne) — ne contiennent ni tubes argilo-calcaires ni carbonates (très rarement l'analyse donne quelques dixièmes pour 100 de CO^2). On ne peut douter que ces limons ne soient formés dans des conditions différentes de celles des lœss typiques.

---

(1) Séance du 26 décembre 1923.

Dans les lœss typiques la teneur en CO^2 oscille entre 3 et 10 pour 100 (en chiffres ronds), elle augmente avec régularité de l'Est à l'Ouest. Dans les lœss de Chine on trouve de 3 à 5,7 pour 100 d'acide carbonique; dans ceux du gouvernement de Poltava (Russie) de 3, 4 à 6 pour 100; dans les lœss roumains et serbes (Belgrade) de 4 à 8,7 pour 100; dans les lœss allemands de 5,37 à 7,7 pour 100 et même 9,6 pour 100; enfin dans les lœss français (plateau de Villejuif et de Domont) de 6,74 à 10 pour 100.

Dans les diverses fractions du lavage à l'eau d'un même lœss, les plus grossières, contenant les plus grands tubes argilo-calcaires et la plus grande quantité de ces tubes, sont les plus riches en carbonates.

	Quantité d'acide carbonique en pour 100.		
Tamis.	Lœss de la carrière Grelet (plateau de Villejuif).	Lœss inférieur de Wiesbaden (Allemagne).	Lœss supérieur de Belgrad (Serbie).
Diamètre 3mm	22,6	18,22	9,4
» 1,5	21,4		
» 0,75	23,2	12,27	3,12
» 0,5	15		
» 0,35	9,1	10,7	2,51
» 0,3	6,88		
» 0,2	6,55	9,23	1,91

L'étude microscopique montre que les plus grands cristaux de calcite, parfois bien formés, se trouvent dans les parois des tubes argilo-calcaires, autour de leurs canaux. Souvent dans les parties extérieures de ces tubes on peut voir, même à l'œil nu, des petites masses blanches de calcite cryptocristalline. Cette calcite (cristalline et cryptocristalline) a été formée par des processus biochimiques, par exemple par la décomposition bactérienne des racines des herbes.

Le dosage de l'acide carbonique dans les grandes concrétions argilo-calcaires (*poupées*) du lœss m'a donné les chiffres suivants : Plateau de Villejuif, 32,4 à 35,58 pour 100; Wiesbaden, 34,37 pour 100; Serbie, 22,5 pour 100; Chine, 21,3 pour 100.

Mais les carbonates se trouvent encore dans les lœss sous une autre forme. Pour étudier cette question, j'ai d'abord photographié quelques plaques minces des lœss de Chine et de France (plateau de Villejuif); je les ai ensuite attaquées par l'acide acétique et l'acide chlorhydrique dilués. Aprés cette attaque, les mêmes plages de ces plaques minces ont été photographiées de nouveau. La plaque mince s'éclaircit après l'action de

l'acide : les grains de quartz grisâtre deviennent souvent parfaitement transparents, les taches noirâtres, composées de matière organique, deviennent encore plus noires et leurs contours sont plus nettement dessinés. Les carbonates, dissous par l'acide, étaient donc distribués en particules très minces dans toute la masse du lœss. Leur origine est très probablement biochimique; quant aux carbonates de la matière argileuse des lœss, entourant des grains de quartz et plus rarement des autres minéraux, on ne peut soutenir cette seule hypothèse, parce qu'ils peuvent avoir été apportés par le vent avec les grains d'argile et de quartz, ou bien avec les microorganismes calcifiés.

L'étude des plaques minces des différents lœss fait distinguer une certaine régularité dans la disposition du quartz. Ses grains se disposent parfois en cercles concentriques autour de la matière noire ou d'un gros grain de quartz. La raison la plus vraisemblable de ce phénomène est, à mon avis, le dépôt de la poussière, apportée par le vent, autour des tiges de plantes herbacées ou de quelque grain minéral dépassant les dimensions moyennes des grains du lœss.

En résumé, la formation des tubes argilo-calcaires, la distribution des carbonates dans les lœss de différents pays, jointes à la diminution régulière de l'acide carbonique en allant de l'Ouest à l'Est, enfin le groupement concentrique des grains du quartz, s'expliquent mieux par la théorie éolienne que par toute autre, parce que seul le dépôt de la poussière par le vent peut rendre compte de la similitude de tous ces phénomènes et de l'homologie des lœss typiques dans les différents pays du globe.

GÉOLOGIE. — *Géologie de la vallée de la Vézère.*

Note (¹) de M. **G.-F. Dollfus**, présentée par M. H. Douvillé.

La région, aujourd'hui anticlinale, du moyen Périgord, qui s'étend de Périgueux sur l'Isle au NO, à Saint-Cyprien sur la Dordogne au SE, est coupée du Nord ou Sud par la vallée profonde, très encaissée, de la Vézère; le faîte anticlinal est sensiblement parallèle à la ligne oblique du chemin de fer de Périgueux aux Eyzies, par La Gélie.

Cette région a subi des vicissitudes nombreuses, avant d'arriver à son état présent. A la fin du Crétacé, après le Maëstrichien, elle nous apparaît

(¹) Séance du 26 décembre 1923.

comme une terre continentale plane, en pente vers le Sud, et sur laquelle les influences atmosphériques ont été prépondérantes; elles ont déterminé au Nord, sur le Jurassique, la formation d'une argile à minerai de fer (sidérolitique) et au Sud, sur le Crétacé, d'une argile à silex épaisse. Pendant l'Éocène, des alluvions formées de sables granitiques graveleux, nommés Sables du Périgord, sont descendus du Nord, en une nappe divagante, ravinant la craie et les argiles de décalcification; il n'est pas possible, dans nos connaissances présentes, de déterminer avec précision l'âge et la marche de ces dépôts fluviatiles de première période. Ce que nous savons, c'est qu'ils ont fourni les matériaux constitutifs des épaisses molasses de l'Oligocène de la rive droite du bassin de la Garonne. Dans le Libournais, ces sables sont recouverts par le calcaire de Castillon (calcaire de Brie); mais plus haut, à la Gélie, on connaît un lambeau de calcaire lacustre, qui est probablement sur le niveau du calcaire de Beaumont-en-Périgord (calcaire de Beauce), et les sables granitiques du Périgord seraient plus récents et au niveau des sables granitiques du Bassin de Paris, des sables de la Sologne et d'âge burdigalien.

C'est après le dépôt de ce calcaire lacustre, que les rides anticlinales ont commencé à se former, en trois grands plissements du NO au SE, et ici de Périgueux à Saint-Cyprien. Ce mouvement a dû être lent et progressif, car il a conduit les sables granitiques du Nord à se grouper pour franchir la voûte naissante, et ils ont laissé, blotti contre l'axe de soulèvement, un bourrelet aligné, prolongé, continu, de sables kaoliniques, aujourd'hui exploités. Ces sables ont esquissé le premier lit de la Vézère, pendant le Miocène supérieur, et observables au sud des Eyzies. C'est pendant le Pliocène que le cours d'eau s'est approfondi, et son travail s'est poursuivi au début du Quaternaire. Le creusement a été concomittant avec la formation de la voûte sénonienne; le mouvement n'a pas été brusque, car les eaux auraient reflué latéralement à l'anticlinal, tandis que nous constatons, au contraire, à ce moment, la formation de tout un réseau de vallons, gouvernés par le plissement principal, et ne contenant que des débris calcaires locaux.

Quand on observe le détail du cañon profond de la Vézère, on comprend l'effet de ravinement des alluvions graveleuses et le travail nécessaire pour maintenir la pente au sud pendant l'ascension du sol qui persistait. Peut-être le creusement s'est-il opéré en plusieurs stades, mais actuellement, nous constatons seulement une seule terrasse graveleuse à 20^{m} ou 25^{m} au dessus de la rivière, et c'est dans les carrières hautes de kaolin qu'on peut

voir les alluvions les plus anciennes, dans lesquelles M. Peyrony a découvert des instruments chelléens et acheuléens.

C'est seulement quand l'élévation du sol et son creusement ce sont arrêtés, quand la Vézère a atteint son niveau d'équilibre avec la Dordogne et le Lot, que l'homme du Renne est arrivé pour occuper les abris sous roches et les berges de la rivière. Tous les gisements les plus typiques : le Moustier, la Madeleine, les Laugeries, qui sont au fond même de la vallée, parfois même envahis par l'inondation, sont au stade d'évolution finale d'équilibre, qui s'est maintenu jusqu'à nos jours.

Les divers niveaux d'industrie se sont superposés dans les abris de la manière la plus concordante : le Moustiérien est surmonté par l'Aurignacien, le Solutréen, le Magdalenien ; ce sont autant de dépôts peu épais, séparés par des lits d'éboulis locaux ou des sols d'habitation. En sorte qu'il existe entre les dépôts des abris, et les graviers diluviens qui ont creusé la vallée, une différence de premier ordre, un changement complet dans les conditions physiques, une discordance stratigraphique, qui conduit à tracer entre eux une division profonde. On ne peut maintenir dans le même étage le Chelléen et le Moustérien, ce sont deux époques différentes.

Dans la série de la pierre taillée, il faut distinguer : un âge *Primolithique* à outils chelléens-acheuléens grossiers, à civilisation encore obscure, contemporaine partielle du creusement des vallées ; et un âge *Médiolithique*, à outils mieux taillés, commençant avec le Moustier, à civilisation industrielle en évolution, ayant habité les vallées postérieurement à leur fermation. Ces deux âges, dits paléolithiques, sont en opposition avec le *Néolithique*, avec l'industrie de la pierre polie, qu'on trouve dispersée sur les plateaux, dans la région de la Vézère.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure du pays basque occidendal français.* Note (¹) de M. **Pierre Viennot**, présentée par M. Pierre Termier.

J'ai rapporté précédemment les gneiss du Labourd à une grande unité structurale flottant sur le Flysch crétacé, la nappe du Labourd (²). *Le complexe de terrains paléozoïques qui borde les gneiss à l'Ouest et au Sud appartient à la même nappe.* Ce complexe surtout schisteux comprend du Silurien,

(¹) Séance du 26 décembre 1923.

(²) Pierre Viennot, *La nappe du Labourd, pays basque français* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1234).

du Dévonien et du Carbonifère, représentés par des faciès très semblables et presque azoïques. *Les gneiss proviennent du métamorphisme du Paléozoïque.* En divers points, particulièrement à l'Est du mont Eréby et au SW d'Hélette, on observe le passage insensible des gneiss aux schistes primaires intacts par des zones de métamorphisme décroissant. L'étude du versant NE du mont Baygoura est absolument démonstrative : en montant, on passe successivement des gneiss aux micaschistes, puis à des schistes micacés grenatifères riches en cristaux d'andalousite, dont les minéraux de métamorphisme diminuent peu à peu, pour aboutir plus haut aux schistes siluriens, accompagnés de quartzites, absolument intacts. Des laminages locaux suppriment parfois (environs de Louhossoa) la zone de métamorphisme décroissant, et l'on a alors entre les gneiss et le Silurien un contact brutal à la signification structurale duquel on a pu accorder une trop grande importance (1). Les constatations qui précèdent démontrent que les gneiss du Labourd sont d'anciens sédiments paléozoïques transformés par le métamorphisme général en connexion avec la phase géosynclinale hercynienne. Les cipolins en traînées dans les gneiss sont les vestiges des couches calcaires, vraisemblablement dévoniennes.

La nappe du Labourd se prolonge vers l'Ouest sur le Flysch crétacé nord-pyrénéen par une *grande digitation* qui s'étend depuis le méridien d'Espelette jusqu'aux environs de Sare. Cette zone est composée essentiellement de schistes à faciès carbonifère, avec filons de quartz et quelques taches métamorphiques ; *l'ensemble est formidablement broyé*, et, sur des surfaces de plusieurs kilomètres carrés, on n'observe en réalité qu'une brèche de friction formée de morceaux anguleux de schistes. Au Sud d'Espelette la nappe replissée laisse voir son substratum de Flysch crétacé dans la fenêtre qui fut découvert par M. Pierre Termier et Léon Bertrand (*Op. cit.*, p. 921). J'ai trouvé *une autre fenêtre de Flysch*, plus petite, avec une lame d'ophite sur son pourtour, au SW de la cote 209, près de Mehaxia. La grande digitation de la nappe du Labourd présente sur son bord nord des particularités intéressantes. Près d'Espelette, le Trias ophitique s'enfonce sous elle, et l'on observe dans la zone de contact un régime de *lames alternantes* de Trias et de brèche à éléments carbonifères. Au SW de Souraïd, des petites lames de calcaires jurassiques et crétacés sont pincées entre le Paléozoïque et le

(1) Pierre Termier et Léon Bertrand, *Sur la tectonique du pays basque français* (*Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 922). — Léon Bertrand, *Sur le contact des massifs primaires du Labourd et du Baygoura à Louhossoa* (*Basses-Pyrénées*) (*C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 1919, p. 15).

Flysch. *La digitation se termine sur la crête au Nord de Sare par un certain nombre de festons* (composés exclusivement de brèche à éléments carbonifères) qui s'appuient sur le Flysch et aussi sur des terrains triasiques, jurassiques et albiens appartenant à *une autre unité, le massif de la Rhune*. Un lambeau de schistes carbonifères, isolé de la digitation, repose sur le Keuper de la Rhune, au NW de Sare, et a été indiqué sur la carte géologique comme un petit témoin d'Albien.

Le contact entre le Flysch et les terrains plus anciens constituant le massif de la Rhune est partout anormal, et j'ai dû apporter à la carte de nombreuses modifications. En particulier, les grès albiens dépassent largement, vers le Nord, la route d'Ascain à Saint-Pée, et le Trias est très développé dans ce secteur, jalonnant le contact anormal (NE de Saint-Pée, Nord d'Ibarron, Est d'Ihins, etc.). Les grès albiens s'avancent beaucoup vers le Nord dans le vallon qui sépare les cotes 59^{m} et 70^{m} à l'Ouest d'Ascain; là, une lame d'ophite triasique s'interpose entre eux et le Flysch. Enfin, à 1^{km} au Nord de Biriatou, au bord du chemin, affleurent dans le contact anormal des lames alternantes de Carbonifère broyé et de Flysch.

Dans la *région bayonnaise*, on observe des particularités structurales remarquables. *La colline Sainte-Barbe d'Ustarits constitue un lambeau indubitable* de grès albien, séparé du Flysch qui le supporte par une lame d'ophite triasique accompagnée de marnes bariolées. Le faciès de l'Albien de Sainte-Barbe étant identique à celui du massif de la Rhune, on est conduit à rattacher ces deux zones à une même unité tectonique.

Un autre lambeau absolument net couronne la colline cotée 90^{m} *au SW d'Urt*. L'ophite triasique qui le constitue occupe la partie haute, tandis que toute la base du monticule est en Flysch. Des brèches tectoniques, accompagnées de lames de calcaire cénomanien, jalonnent le contact anormal: d'anciennes carrières, au SW du mamelon, permettent de les observer dans les meilleures conditions. L'ophite et le calcaire en blocs plus ou moins gros passant à de véritables lames y sont emballés dans les schistes du Flysch.

Les affleurements triasiques de Briscous, Urcuit,... se montrent au milieu des couches crétacées et éocènes, et l'indépendance de leurs contours par rapport aux terrains plus récents est manifeste en bien des endroits. C'est ainsi qu'en suivant vers l'Ouest le Trias de Briscous, on le voit se terminer, sous forme d'une bande dont l'épaisseur diminue graduellement jusqu'à zéro, presque dans le prolongement de la zone synclinale sénonienne de Mouguerre. Il paraît impossible de considérer que de tels affleurements

correspondent à des anticlinaux, même très déformés, perçant au milieu du Crétacé. — La carrière ouverte au SW du village d'Ahetze montre avec la plus grande netteté une lame subhorizontale très mince de Keuper typique (marnes bariolées avec gypse), reposant sur du Flysch calcaire dont les bancs sont coupés en biseau aigu par le contact, et supportant du Flysch schisteux par l'intermédiaire d'une zone broyée. Étant donnée l'existence, aux environs d'Ahetze, de lambeaux indubitables composés de Trias (colline d'Urt) ou comportant à leur base du Trias (colline Sainte-Barbe d'Ustarits), il ne paraît pas douteux que l'on ait affaire, à Ahetze, à *un lambeau de Flysch reposant lui-même sur le Flysch autochtone par l'intermédiaire d'une lame triasique*. En dehors de la zone où cette lame existe, le contact anormal se fait directement entre les deux Flyschs, l'un autochtone, l'autre charrié, et la tectonique devient indéchiffrable. — *La même hypothèse structurale s'applique, selon moi, à tous les affleurements triasiques de la région bayonnaise (falaise de Biarritz, Bassussary, Villefranque, Briscous, Urcuit, Urt,...)*, dont l'étude détaillée, dans un pays très couvert et peu accidenté, est d'ailleurs souvent décevante.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur le climat de l'est de l'Afghanistan.* Note (¹) de M. **Raymond Furon**, transmise par M. Louis Gentil.

L'Afghanistan du Nord-Est se divise en trois zones climatiques : l'une au-dessous de 1200^m environ, une seconde de 1200^m à 2500^m et une troisième comprenant toutes les altitudes supérieures.

En arrivant de l'Inde par la passe de Khyber (1030^m), on parcourt la vallée du Kaboul jusqu'à Djellalabad. Cette plaine désertique, le plus souvent ne dépasse pas 600^m d'altitude et son climat, torride en été, est très doux pendant l'hiver et rappelle celui du Pendjab (Inde).

Après Sourkh-Poul (120^{km} à l'ouest de la frontière), on arrive dans la zone montagneuse où se trouve la ville de Kaboul (1760^m). Aux altitudes supérieures, fréquentes dans l'Hindou-Kouch, la température reste toujours relativement basse, même en été, et à 3600^m, au mois d'août, le thermomètre ne monte qu'à 10° et 12° à midi.

Mon année de séjour en Afghanistan m'a permis de réunir sur ce pays une documentation que je puis résumer de la façon suivante :

1° *Température.* — Le climat de l'Afghanistan est nettement continental.

(¹) Séance du 26 décembre 1923.

La différence de température entre l'été et l'hiver atteint près de 60°. Le maximum enregistré cette année fut + 36°,4 au mois d'août, alors qu'en hiver le maximum fut — 18° en février. Les premières gelées ont lieu en fin octobre, mais la température reste douce jusqu'en décembre; elle s'abaisse alors brusquement.

2° *Pluie et neige.* — La quantité d'eau annuelle est très faible. Généralement, de juin à septembre, il n'y a ni pluie, ni neige.

Avril est pluvieux, mais on ne saurait vraiment parler d'une saison des pluies comparable à celle des Indes. Du 15 mars au 15 mai, à peine 80^{mm} furent recueillis dans le pluviomètre à Kaboul. Exceptionnellement, les vents de mousson ont amené cette année, pendant le mois d'août, des orages ayant donné 100^{mm} d'eau en quatre jours.

Les pluies et la fonte des neiges amènent en avril une très forte crue des rivières, crue exploitée dans certaines régions pour l'irrigation.

La neige tombe pendant 4 mois : décembre, janvier, février et mars, mais c'est surtout en janvier et février qu'ont lieu les chutes les plus importantes. Elles atteignent alors $1^{m},50$. Cette neige fond rapidement et, en fin mars, toutes les neiges sont fondues au-dessous de 2000^{m}. Il neige très rarement aux altitudes inférieures, à 1000^{m}.

3° *Vents.* — Pendant les quatre mois d'hiver, les vents soufflent assez violemment de la région nord, les arbres sont tous inclinés vers le Sud.

En été, les vents viennent généralement du Sud-Ouest.

4° *Flore et faune.* — La faune est extrêmement pauvre. Les mouflons, les renards et les loups sont les animaux les plus fréquents. Quelques ours et léopards des neiges fréquentent les montagnes couvertes de neige.

Les oiseaux, nombreux pendant l'été, descendent vers les Indes en hiver, tandis que des légions de grands corbeaux et des oiseaux de proie envahissent la région Kaboul. Les serpents et les lézards sont fréquents dans les montagnes et les étendues désertiques.

La flore est relativement riche de 1290^{m} à 2500^{m}. Les vignes mûrissent bien dans cette zone, ainsi que tous les arbres fruitiers des régions tempérées. Le blé et l'orge mûrissent jusqu'à 3000^{m}. Au-dessous de 1000^{m} c'est une flore de déserts surtout composée d'arbustes épineux. Au-dessus de 3500^{m} quelques mousses seulement survivent en abondance.

MÉTÉOROLOGIE. — *Le vent dans les vallées et la théorie du Fœhn.* Note (¹) de M. G. **Rempp**, présentée par M. Bigourdan.

La théorie classique du fœhn suppose un courant qui traverse normalement une chaîne de montagnes en suivant, de part et d'autre, la pente des versants (courant laminaire), Si nous exceptons le cas où le gradient thermique vertical est partout adiabatique, l'établissement d'un pareil courant doit modifier la répartition de la température au voisinage de la montagne. R. Wenger (²) a démontré que ces modifications sont incompatibles avec l'existence d'un courant laminaire. A l'exception du cas particulier indiqué plus haut, un courant tel que le suppose la théorie classique ne peut donc pas être un mouvement uniforme. Le mouvement uniforme auquel conduisent les calculs de R. Wenger est de forme toute différente : le courant aborde la crête de la chaîne sous une pente très faible, loin du versant ; à la descente, au contraire, le courant est comprimé dans le fond de la vallée ; il n'a qu'une faible épaisseur, et par suite une grande vitesse.

Une masse d'air entraînée par ce courant subira des variations de température qui pourront s'écarter beaucoup, à la montée, de celles du régime adiabatique, mais qui s'en rapprocheront de très près à la descente : ainsi se trouvent expliqués les nombreux cas de fœhn où il ne pleut pas sur le versant opposé de la montagne.

Dans une étude que j'ai publiée en collaboration avec A. Wagner (³), nous avons examiné, au point de vue de cette théorie, les observations que nous avions pu faire, en 1911-1912, sur les « vents locaux » du Spitsberg, en particulier de la baie Advent.

La théorie est confirmée, d'une part, par les résultats de la statistique sur la force des vents remontant et descendant la vallée, résultats conformes d'ailleurs au régime bien connu de quelques autres vallées dirigées dans le même sens et dans le sens contraire. Elle est confirmée, d'autre part, par les observations sur l'établissement des « vents locaux » dans chaque cas particulier. Comme il faut s'y attendre, et conformément à ce qu'on sait du fœhn des Alpes, on peut distinguer un stade préparatoire qui précède et un stade final qui termine ce qu'on peut appeler, au sens de la théorie,

(¹) Séance du 26 décembre 1923.
(²) *Meteorolog. Zeitschr.*, t. 33, 1916, p. 1.
(³) G. Rempp et A. Wagner, *Die Hydrodynamik des Föhns und die lokalen Winde in Spitzbergen* (*Veröff. des deutschen Observatoriums Ebeltofthafen-Spitzbergen, Siebentes Heft*, Brunswick, 1917).

l'état stationnaire. Cet état stationnaire s'établit, du moins de novembre en mars, d'une façon bien plus parfaite que dans les Alpes. Les vents locaux peuvent souffler, en effet, pendant une longue période (8 jours en février 1912) sans aucune interruption et avec une grande régularité. Cette différence par rapport au fœhn des Alpes tient probablement à deux causes : 1° la simplicité de la configuration orographique des vallées du Spitsberg, l'absence d'obstacles sur leur fond presque uni ; 2° l'absence, pendant cette époque de l'année, du rayonnement solaire et, par suite, de courants de convection; l'agitation tourbillonnaire et le « frottement » sont réduits.

Pendant la guerre, j'ai eu l'occasion de poursuivre cette étude, de juillet 1917 à août 1918, sur le versant Sud de la Forêt-Noire, près du village de Vogelbach, sur le bord de la vallée de la Kander. J'ai pu ainsi, une fois de plus, vérifier la théorie de R. Wenger par les résultats de sondages par ballons captifs et cerfs-volants, dans une région assez compliquée au point de vue topographique, et où l'on pouvait distinguer des vents locaux de nature différente. Ces vents se divisent en trois catégories, dont la troisième nous intéresse particulièrement :

1° Brises de jour et de nuit.

2° Vents analogues au mistral ou à la bora. De tels vents se sont produits en février 1918, alors que les sommets des montagnes, encore couverts de neige, étaient plus froids que l'atmosphère libre. Ils n'avaient qu'une faible étendue verticale, mais soufflaient par bourrasques de grande violence.

3° Modifications des courants généraux. Quand le courant, en hauteur, était dirigé de la vallée ou de la plaine vers la montagne, on pouvait distinguer une première couche, où le vent était nul ou faible ou au moins fortement atténué, et qui s'étendait jusqu'à la hauteur des cols; puis une couche de quelques hectomètres d'épaisseur, où le vent était renforcé; enfin, au delà, le vent normal. Quand, inversement, le courant général était dirigé vers la vallée ou vers la plaine, le vent était fortement renforcé au sol et jusqu'à quelque 100^m ou 200^m au-dessus; plus haut, sa vitesse diminuait rapidement. On pouvait observer quelquefois des cas de véritable fœhn, avec la muraille de nuages sur la montagne dite le « Blauen », et reconnaître, parfois, le stade préparatoire qui précède l'arrivée au sol du courant descendant.

J'ai conservé le souvenir de deux exceptions à ces règles, exceptions qui apportent cependant une nouvelle confirmation à la théorie de R. Wenger; le gradient thermique vertical, dans ces deux cas, était, en effet, adiabatique.

Il arriva une fois qu'un cerf-volant monta, dans le brouillard, sans difficulté vers la montagne et trouva, à toutes les altitudes, sensiblement la même vitesse de vent; la décroissance de la température eut, d'après l'enregistreur, sensiblement la valeur du gradient adiabatique de condensation. Une autre fois, le vent soufflant vers la vallée, un cerf-volant rencontra, en montant, un vent de plus en plus fort, de sorte que le lancer se termina bientôt par la rupture du fil, qui s'accrocha sur une hauteur voisine. Dans le ciel pur, un cumulus s'élevait avec une très grande vitesse derrière la montagne; le cumulus devint cumulo-nimbus; l'orage éclata peu de temps après la fin du lancer. Le cerf-volant fut frappé par la foudre, et l'inscription fut perdue, mais il n'est pas douteux que, dans ce cas aussi, le gradient était adiabatique.

La brise du jour était rarement assez forte pour soulever des cerfs-volants. Son étendue verticale était de quelques dizaines de mètres, exceptionnellement de 100^m à 200^m. Il n'a jamais été possible de se servir de cette brise pour amener les cerfs-volants dans le courant qui soufflait à la hauteur des cols.

Au point de vue de la technique des lancers, le régime des vents était très désavantageux pour l'emploi des cerfs-volants. Il était, par contre, en général très favorable pour les sondages par ballons captifs, lorsqu'on eut appris à surmonter les difficultés que ces opérations rencontraient, assez souvent, au voisinage immédiat du sol.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la composition des sucs végétaux extraits par pression.* Note [1] de M. G. **André**, transmise par M. Maquenne.

J'ai montré dans une Note antérieure [2] que la filtration de certains sucs végétaux, tels que celui de la pomme de terre, au travers d'une bougie de porcelaine poreuse enduite de collodion, fournissait un liquide dont la composition était susceptible de donner quelques indications relatives à la nature des substances que contiennent ces sucs. La membrane ainsi constituée ne laisse filtrer le phosphore que sous forme minérale; elle s'oppose donc au passage des plus grosses molécules des complexes organiques phosphorés. De plus, la fraction de l'azote total que l'action de la chaleur à 100° ne coagule pas est du même ordre de grandeur que celle qui traverse la membrane de collodion. Le résultat est différent dans le cas du phosphore. Le liquide qui n'a pas coagulé contient une dose de cette substance très supérieure à celle que laisse passer la membrane de collodion. Toutefois, ainsi

(1) Séance du 26 décembre 1923.
(2) *Comptes rendus*, t. **175**, 1922, p. 286.

que je l'ai fait remarquer, ce dernier rapport varie avec la composition des tubercules sur lesquels porte l'expérience.

I. J'ai poursuivi cette étude sur deux espèces de tubercules (I, variété dite *Industrie;* II, variété dite *Saucisse*) chez lesquels j'ai examiné la composition des sucs à diverses périodes de leur conservation. Le Tableau ci-dessous renferme les dosages de l'azote contenu dans 100^{cm^3} de suc :

	Dates.	Azote total.	Azote ayant traversé la membrane.	Azote non coagulé par la chaleur.
I.	16 oct. 1922..	0^g,337	0^g,164	0^g,190
	15 déc. 1922..	0,373	0,173	0,195
	16 fév. 1923..	0,378	0,214	0,206
	23 avril 1923.	0,418	0,274	0,233

	Dates.	Azote total.	Azote ayant traversé la membrane.	Azote non coagulé par la chaleur.
II.	17 nov. 1922..	0^g,270	0^g,146	0^g,144
	17 janv. 1923..	0,304	0,130	0,144
	21 mars 1923..	0,300	0,152	0,160
	9 mai 1923..	0,353	0,189	0,198

Il convient d'abord de noter que les taux de l'azote total vont sans cesse en croissant : ce qu'il était facile de prévoir étant donné le travail interne bien connu dont les tubercules sont le siège au cours de leur conservation, travail qui se traduit peu à peu par le développement du bourgeon. On retrouve ici ce fait que j'avais signalé dans les expériences précédentes, à savoir que la fraction de l'azote que l'action de la chaleur n'a pas coagulée ne diffère pas sensiblement de celle qui a traversé la membrane de collodion. Le rapport entre l'azote coagulé et l'azote total est assez constant (un peu supérieur, dans tous les cas, à 50 pour 100). La conservation des tubercules n'a donc pas eu pour conséquence de modifier la valeur de ce rapport.

En ce qui concerne le phosphore, les résultats que j'ai obtenus sont assez irréguliers. La fraction du phosphore que la chaleur n'a pas coagulée se rapproche sensiblement de celle du phosphore total. Le coagulum, contrairement aux observations que j'avais faites antérieurement sur plusieurs espèces de tubercules, est peu riche en phosphore; il n'en contient même parfois que des traces.

II. En vue de connaître, au moins approximativement et par voie indirecte, la distribution des différentes formes de l'azote et du phosphore dans les tubercules, j'ai examiné la composition des sucs extraits, sous des pressions croissantes, de la pulpe d'un lot nouveau de pommes de terre. 1200^g de pulpe ont été soumis successivement : 1° à une pression de 5^{kg} par centimètre carré; 2° à une pression de 50^{kg}; 3° à une pression de 250^{kg}. L'analyse des sucs écoulés a fourni les chiffres suivants (dans 100^{cm^3} de suc). Je rappelle que j'ai nommé *phosphore minéral* cette fraction du phosphore que précipite directement la mixture magnésienne.

	I.		II.		III.	
	Dans le suc primitif.	Dans la portion du suc non coagulé par la chaleur.	Dans le suc primitif.	Dans la portion du suc non coagulé par la chaleur.	Dans le suc primitif.	Dans la portion du suc non coagulé par la chaleur.
	g	g	g	g	g	g
Phosphore total....	0,0414	0,0255	0,0360	0,0246	0,0280	0,0280
Phosphore minéral.	0,0363		0,0330		0,0270	
Azote total........	0,2770	0,1620	0,2440	0,1493	0,1670	0,1395
$\frac{\text{P minéral}}{\text{P total}}$..........	0,87		0,91		0,96	
$\frac{\text{P total}}{\text{N total}}$.............	0,15	0,16	0,14	0,17	0,16	0,20

La concentration du suc diminue beaucoup lorsque la pression augmente; résultat que j'ai rencontré très souvent dans les expériences antérieures que j'avais exécutées sur les sucs végétaux en général. Mais le rapport du phosphore total à l'azote total demeure à peu près constant; alors que le rapport du phosphore minéral au phosphore total augmente avec la pression. Si l'on coagule par la chaleur le suc obtenu dans ces différentes opérations, et si l'on dose le phosphore et l'azote dans le liquide séparé du coagulum, on remarque que la proportion de ces deux éléments, par rapport au phosphore et à l'azote totaux, est d'autant plus élevée que la pression à laquelle on a soumis la pulpe a été plus forte (61,6, 68,3, 100 pour 100, dans le cas du phosphore; 58,5, 61,2, 84,0 pour 100 dans le cas de l'azote).

Étant donnée la plus faible concentration du suc écoulé lorsque la pression est la plus forte, et la teneur plus grande de ce suc en éléments non coagulables par la chaleur, il semble que la cellule a une tendance à retenir énergiquement par adsorption les éléments nutritifs dont le poids moléculaire est peu élevé, tandis qu'elle abandonne en premier lieu les substances colloïdales.

J'ajouterai que la pulpe qui a subi les opérations précédentes a été conservée pendant 35 jours (en présence de toluène), puis soumise à une très forte pression. L'analyse du suc exsudé permet de constater que le taux du phosphore minéral est alors égal à celui du phosphore total, et que le coagulum fourni par la chaleur ne renferme plus de phosphore. Il apparaît donc que l'autolyse de cette pulpe a eu pour effet de ramener la totalité du phosphore à l'état minéral. Cependant le tiers de l'azote résiste encore à cette autolyse et se retrouve dans la partie du suc que la chaleur coagule.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les variations quantitatives de l'amidon dans les feuilles des plantes vertes pendant une journée (24 heures).* Note (1) de M. P. P. Stanescu, présentée par M. Marin Molliard.

On admet généralement, quant au mode de formation et d'accumulation de l'amidon dans les feuilles des plantes, que la quantité de celui-ci s'accroît régulièrement du matin à une heure quelconque de l'après-midi, jusqu'à ce qu'elle ait atteint son maximum, qui se maintient quelque temps; ensuite, et particulièrement la nuit, l'amidon disparaît petit à petit.

Cependant A. Ursprung (2) a constaté (chez le *Phaseolus multiflorus*) que cet accroissement atteint son maximum d'autant plus tard que l'intensité de la lumière est plus faible (à la lumièrs solaire directe, environ 4 à 5 heures); à partir de ce moment, quoique la lumière continue à exercer son action, l'amidon commence à disparaître. Ursprung considère que l'arrêt de la formation de l'amidon est dû à la fatigue des chloroplastes.

Afin de me rendre compte si peut-être la quantité d'amidon des feuilles présente des variations plus fréquentes durant une journée entière (24 heures), j'ai suivi à des intervalles de temps plus rapprochés la marche de la formation et de la disparition de ce produit de la photosynthèse.

Méthode. — A l'aide de ciseaux je découpe dans une même feuille, en partant de son sommet ou d'un bord latéral, une bandelette toutes les heures ou toutes les demi-heures. Tous les morceaux ainsi obtenus d'un grand nombre de feuilles diverses au même moment sont jetés immédiatement dans de l'eau bouillante où ils restent une minute; ensuite on les fait bouillir dans de l'alcool à 96° (l'alcool étant renouvelé à trois ou quatre reprises, jusqu'à décoloration complète des morceaux). A la fin, par juxtaposition de ses divers segments, chaque feuille est reconstituée dans une cuvette en porcelaine et soumise à l'action de l'iodo-iodure de potassium.

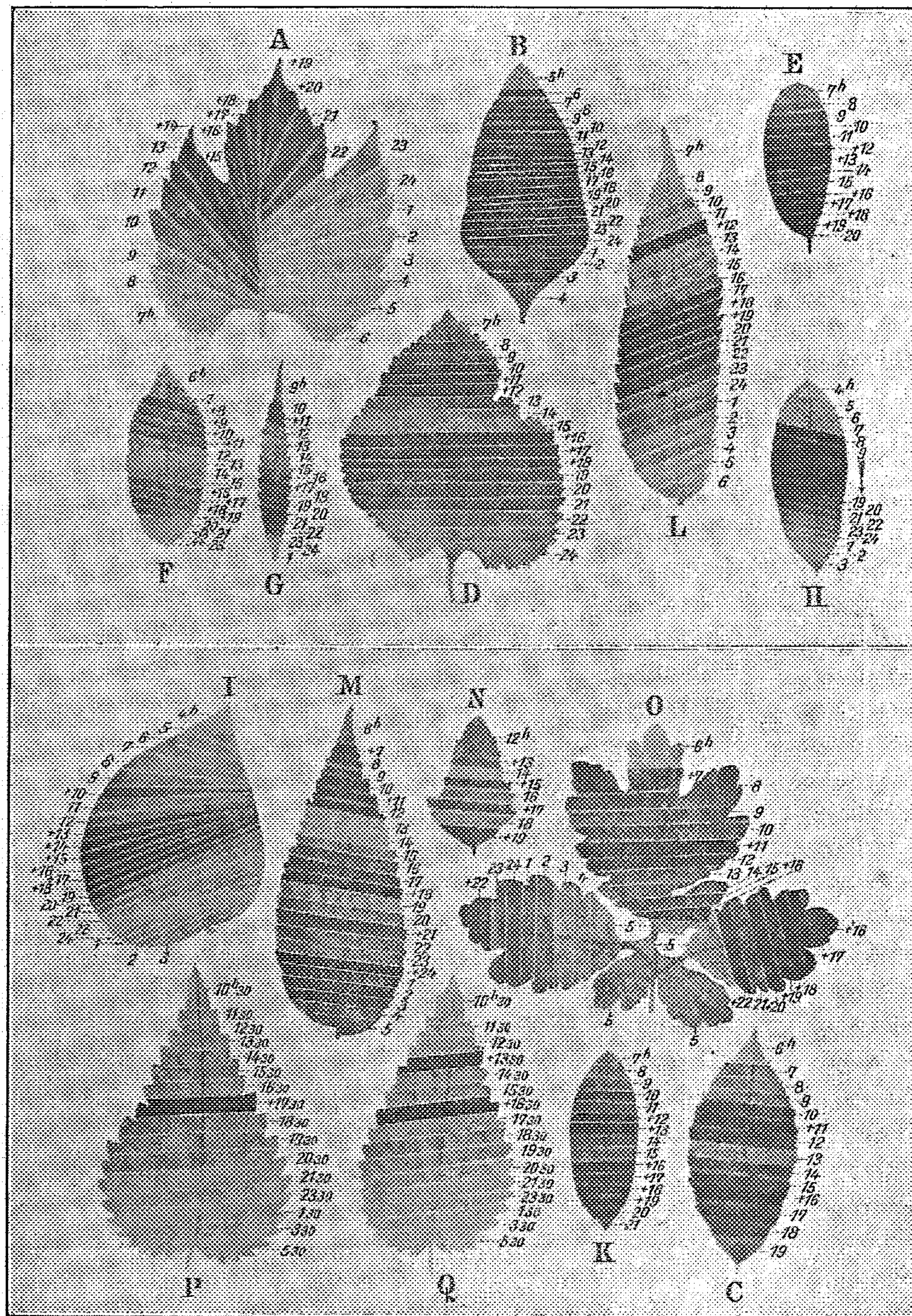
J'ai fait mes observations durant les étés 1921 et 1923 et durant l'année 1922 entière, à Bucarest (Jardin botanique), à Busteni (à une altitude de 900m), près du sommet du mont Dihamul (à une altitude de 1800m, aux environs de Busteni) et à Constantsa (sur la mer Noire).

Les résultats obtenus ressortent visiblement des figures ci-après; les chiffres qui les accompagnent représentent l'heure à laquelle chaque segment a été coupé; les chiffres accompagnés d'un + représentent les maxima de l'accumulation transitoire de l'amidon.

---

(1) Séance du 26 décembre 1923.

(2) A. Ursprung, *Ueber die Stärkebildung im Spektrum* (*Berichte d. deutsch-bot. Gesellschaft*, 35. Jahrg., 1917, p. 57).


A
B
E
L
F
G
D
H
I
M
N
O
P
Q
K
C

Ces résultats sont les suivants :

1° Le cas le plus fréquent, de mars à juillet particulièment, est celui d'un seul maximum, qui est atteint plus ou moins graduellement et qui est suivi d'une disparition progressive de l'amidon pendant la nuit. Exemples : Les feuilles de *Vitis vinifera* (A, le 10 juillet 1922, Bucarest), *Amaranthus retroflexus* (B, le 6 août 1923, Constantsa), *Robinia Pseudo-Acacia* (H, le 31 août 1923, Bucarest, poussée à l'ombre). Les feuilles des plantes examinées à la montagne (*Phaseolus multiflorus* et *Urtica dioica* y compris) rentrent dans cette catégorie.

2° Très souvent, particulièrement au cours des mois d'août et de septembre, les feuilles présentent deux maxima de l'amidon le même jour. Exemples : les feuilles de *Carpinus Betulus* (C, le 23 août 1922), *Morus* sp. (D, le 16 septembre 1922), *Robinia Pseudo-Acacia* (E et K, le 16 septembre 1922), *Rhus typhina* (L, le 16 septembre 1922), récoltées toutes à Bucarest.

3° C'est plus rarement que j'ai observé plusieurs maxima. La feuille de *Rhus typhina* (M, le 23 août 1922, Bucarest) en présente cinq, séparés par des minima.

4° D'autres fois, plus rarement encore, j'ai pu constater une série plus ou moins régulière de maxima et de minima, comme dans un phénomène rythmique. Exemples : les feuilles d'*Atriplex patula* (N, le 23 août 1922) et de *Chelidonium majus* (O, le 23 août 1922) récoltées à Bucarest.

5° Enfin, une seule fois, un jour où le ciel est resté couvert à plusieurs reprises, j'ai constaté des accroissements brusques de la quantité d'amidon, des maxima de courte durée dans des feuilles à faible production d'amidon. Exemples : les feuilles de *Urtica dioica* (P et Q, le 1er août 1921, Bucarest) : chaque type était représenté par deux feuilles.

En résumé : Très souvent dans les feuilles des plantes vertes, la formation et l'accumulation des produits hydrocarbonés de la photosynthèse ne sont pas continues et progressives; mais elles présentent des accroissements et des diminutions successives pendant 24 heures. Celles-ci sont plus prononcées vers la fin de l'été et les jours où le ciel est serein. Elles sont très peu visibles ou n'existent pas chez les feuilles qui ont poussé à l'ombre. Généralement, pour une même espèce et un même jour ou même pour des espèces différentes le même jour, elles ont lieu *aux mêmes heures;* pourtant, de petits écarts peuvent être souvent constatés. Lorsqu'il y a plusieurs minima, le plus faible, quantitativement, est celui qu'on observe environ à midi.

CHIMIE AGRICOLE. — *De la fonction physiologique de l'iode dans l'organisme de la betterave à sucre.* Note [1] de M. **Jules Stoklasa**, présentée par M. Lindet.

Chatin [2] a été le premier à révéler avec certitude la présence de l'iode dans l'organisme des plantes. Sa découverte fut confirmée par les recherches de P. Bourcet [3], de Winterstein [4], de J. Hendrik et A. Gauthier [5]. Bourcet surtout remarqua que les Chenopodiées et les Liliacées absorbent beaucoup plus d'iode que les Solanées et les Ombellifères.

La même année Théodor de Fellenberg publiait un ouvrage approfondi sur la présence de l'iode dans la nature, dans lequel il faisait ressortir combien cet élément y est répandu. Fellenberg confirma le fait exposé par ses prédécesseurs, que les plantes marines et d'eau douce contiennent plus d'iode que les végétaux terrestres. Les plantes marines sont naturellement celles qui ont la plus forte teneur en iode. Fellenberg établit aussi une excellente méthode pour le dosage de l'iode dans les organes des végétaux.

Depuis assez longtemps déjà, nous nous occupons de l'iode et de sa fonction physiologique dans les végétaux, en particulier dans la betterave à sucre. Nos recherches ont établi que les plantes peuvent absorber par leurs racines, l'iode, sous forme d'iodure, et ce, soit dans la terre arable, soit dans une solution nutritive. En effet on peut déceler la présence de l'iode dans les terres arables d'origines silurienne, carbonifère et tertiaire; elles en contiennent jusqu'à 1^{mg} par kilogramme de terre sèche. L'iode se dégage toujours des terres et particulièrement de celles qui ont reçu des engrais iodés. Les plantes assimilent l'iode, non seulement par leurs racines, mais aussi par leurs feuilles.

Nos recherches ont montré que les plantes se comportent différemment en présence de l'iode, selon la famille à laquelle elles appartiennent. Une

---

(1) Séance du 26 décembre 1923.

(2) *Comptes rendus*, 1850, t. 30, p. 352; t. 31, p. 280; — 1851, t. 32, p. 669; t. 33, p. 529, 584; — 1852, t. 34, p. 14, 51, 409; t. 35, p. 127; — 1853, t. 36, p. 652; t. 37, p. 723, 934; — 1854, t. 38, p. 83; t. 39, p. 1083; — 1858, t. 46, p. 400; — 1860, t. 50, p. 420; — 1876, t. 82, p. 128.

(3) *Comptes rendus*, t. 128, 1899, p. 1120-1122.

(4) *Zeitschr. f. Phys. Chemie*, t. 41, 1919, p. 54-58.

(5) *Comptes rendus*, t. 128, 1899, p. 643; t. 132, 1901, p. 935.

solution nutritive contenant $0^g,005$ d'iode sous forme d'iodure de K par litre, est vénéneuse au bout de 22 jours de contact pour les graminées. Les papillonnacées supportent cette concentration pendant 45 jours. Les hydrophytes et les hygrophiles ne se montrent pas incommodées par une concentration de $0^g,006$ d'iode par litre. Le *Sphagnum cymbifolium*, *Phragmites communis*, *Carex riparia*, *Symphytum officinalis*, *Caltha palustris* ont végété fort bien dans la solution en question, sans montrer le moindre symptôme d'empoisonnement. Les halophytes, parmi lesquelles se classe la *Beta maritima*, supportent des concentrations d'iode encore plus élevées. Par contre les Xerophytes sont très sensibles à 'iode, mais moins encore que les Mésophytes.

Nos essais végétatifs nous ont montré que l'iode est absorbé par le systéme radical des plantes et que cette absorbtion a une influence favorable sur le développement de la betterave à sucre. En n'ajoutant à 12^{kg} de terre contenue dans un vase, que $0^g,02$ sous forme de IK, on constate déjà un développement plus intense de la betterave, des feuilles en particulier. Nos essais faits en serre dans dix vases ont donné les récoltes suivantes :

	Récolte des dix vases, en présence de tous les éléments nutritifs.	
	Sans iode.	Avec $0^g,021$ d'iode par vase.
Feuilles...................	2066^g	2246^g
Racines..................	1390^g	1989^g
Teneur saccharine (p. 100).	17,1	17,3

Ces essais établissent l'influence favorable de l'iode. On peut d'ailleurs constater la présence d'iode dans les racines et les feuilles récoltées.

Teneur en iode en milligrammes par kilogramme de substance sèche :

	Avec engrais iodés.	Sans engrais iodés.
Feuilles......................	0,90	0,32
Racines......................	0,60	0,15

ce qui montre que la plante absorbe davantage d'iode, lorsqu'elle en trouve à sa disposition.

Nous avons repris ces essais en grand sur nos champs d'expérience. Le champ, étant divisé en dix parcelles, reçut une fumure uniforme de :

60^{kg} d'azote sous forme de nitrate de soude, à l'hectare;

50^{kg} de P^2O^5 sous forme de superphosphate, à l'hectare;

80^{kg} de KCl à l'hectare.

Cinq parcelles reçurent en outre $1^{kg},72$ d'iode à l'hectare, sous forme de KI.

Les rendements à la récolte furent les suivants :

	Parcelles ayant reçu l'engrais iodé à l'hectare.	Parcelles sans iode à l'hectare.
Feuilles.............	405 quintaux	374 quintaux
Racines.............	413 »	333 »
Teneur saccharine....	16,4 pour 100	16,6 pour 100

Ces essais confirment donc les premiers : la fumure iodée a provoqué un accroissement du rendement cultural de 80 quintaux à l'hectare.

Nous sommes donc arrivés à la conviction, que l'iode doit remplir une certaine fonction physiologique dans l'organisme de la betterave à sucre; cela est d'autant plus vraisemblable que l'ascendant de la betterave à sucre, la *Beta maritima*, contient toujours des quantités d'iode notables. Nous avons trouvé dans la *Beta maritima* les quantités d'iode suivantes par kilogramme de matière sèche : dans les feuilles, $1^{mg},9$; dans les racines, $0^{mg},8$.

Ce qui est à retenir, c'est que l'iode, qui stimule énergiquement la formation de la substance végétale, s'accumule surtout dans les feuilles; nous pensons que chez les Halophytes, l'iode joue un rôle dans la photosynthèse et la formation des hydrates de carbone.

Il est également à remarquer que, dans la seconde année de végétation de la betterave à sucre, on peut par des engrais iodés augmenter la quantité et la qualité des graines de betterave.

Enfin lorsqu'on épand de fortes quantités d'iode, 4^{kg} à 5^{kg} par hectare on constate que la teneur saccharine de la betterave baisse sensiblement et l'on trouve dans la racine une certaine quantité d'arabinose. En continuant cette forte fumure iodée, pendant la seconde année de végétation et pendant plusieurs générations successives, la richesse en sucre finit par tomber de 10 à 12 pour 100.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action synthétisante de la d-mannosidase α, en présence de quelques alcools monovalents.* Note [1] de MM. **H. Hérissey** et **J. Cheymol**, présentée par M. Guignard.

L'un de nous [2] a mis antérieurement en lumière les pouvoirs hydrolysant et synthétisant d'un ferment soluble contenu dans la graine de luzerne germée, lequel, suivant la composition du milieu où on le fait agir, peut effectuer ou le dédoublement ou la synthèse du méthyl-*d*-mannoside α; ce ferment, suivant la nomenclature usuelle, a été désigné par le nom de méthyl-*d*-mannosidase α ou, d'une façon plus générale, par celui de *d*-mannosidase α; en effet, d'après tout ce qu'on sait en particulier des *d*-glucosidases α et β, il était logique de présumer qu'un tel enzyme n'est pas spécifique pour le méthyl-*d*-mannoside α seul, mais doit exercer son action sur tout glucoside du *d*-mannose appartenant à la même série.

A vrai dire, on n'a pas préparé actuellement de *d*-mannosides dérivés d'autres alcools que l'alcool méthylique, de telle sorte qu'il n'est pas possible d'essayer à ce point de vue l'action hydrolysante de la *d*-mannosidase α; mais on peut faire agir celle-ci sur le mannose, en présence de différents alcools à des dilutions variables et voir si, dans ces conditions, on constate un processus synthétisant analogue à celui qui, du *d*-mannose et de l'alcool méthylique, conduit à la synthèse biochimique du méthyl-*d*-mannoside α. C'est là précisément ce qui a été fait dans le présent travail : nous avons étudié l'action de la *d*-mannosidase α sur le mannose, en présence des alcools éthylique, propylique, isopropylique et butylique normal primaire.

Les essais se rapportant à ces divers alcools ont été tous réalisés sur le même schéma, déjà utilisé dans les recherches avec l'alcool méthylique. On a préparé, pour chaque alcool, les trois mélanges ci-après.

Les mélanges abandonnés à la température ordinaire (15°-20°) étaient agités au moins une fois par jour. Au bout de temps variables, ils étaient examinés, après défécation par le sous-acétate de plomb, aux points de vue de leur rotation polarimétrique et de leur pouvoir réducteur.

---

(1) Séance du 26 décembre 1923.

(2) H. Hérissey, *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 1536; t. **173**, 1921, p. 1406; t. **175**, 1922, p. 1110; t. **176**, 1923, p. 779.

1.

Solution aqueuse de mannose contenant environ 10g de mannose pour 100cm³		10cm³ (1)
Alcool		10g (2)
Eau distillée	(q. s. p.)	100cm³
Puis :		
Poudre de luzerne germée et séchée (*d*-mannosidase α)		4g
Toluène		1cm³

2 (témoin, sans ferment).

Solution aqueuse de mannose (la même qu'en 1)		10cm³
Alcool		10g
Eau distillée	(q. s. p.)	100cm³
Toluène		1cm³

3 (témoin, sans mannose).

Alcool		10g
Eau distillée	(q. s. p)	100cm³
Poudre de luzerne		4g
Toluène		1cm³

Nous ne donnons ci-dessous que les derniers résultats obtenus au cours de ces déterminations :

Alcool éthylique. — Durée de l'expérience : 159 jours.

	1.	2.	3.
Rotation ($l = 2$), ramenée au liquide primitif..	+1°13′	+17′	+29′
Sucre réducteur, exprimé en mannose, pour 100cm³ de liquide primitif	1g,4712	0g,9486	0g,7114

Il est donc disparu, dans 100cm³ du mélange 1, une quantité de mannose égale à

$$(0,9486 + 0,7114) - 1,4712 = 0^{g},1888.$$

Alcool propylique normal. — Durée de l'expérience : 105 jours.

	1.	2.	3.
Rotation ($l = 2$)	+1°4′	+17′	+27′
Sucre réducteur, pour 100cm³	1g,4968	0g,9616	0g,6881

(1) Soit sensiblement 1g de mannose.

(2) Dans l'expérience faite avec l'alcool butylique, une petite quantité de ce dernier est restée indissoute, à cause de la solubilité relativement faible de cet alcool dans l'eau.

soit mannose disparu dans le mélange 1, pour 100$^{cm^3}$:

$$(0{,}9616 + 0{,}6881) - 1{,}4968 = 0^g{,}1529.$$

Alcool isopropylique. — Durée de l'expérience : 107 jours.

	1.	2.	3.
Rotation ($l = 2$)................	$+1°3'$	$+17'$	$+30'$
Sucre réducteur, pour 100$^{cm^3}$.....	$1^g{,}6907$	$0^g{,}9716$	$0^g{,}8047$

soit mannose disparu dans le mélange 1, pour 100$^{cm^3}$:

$$(0{,}9716 + 0{,}8047) - 1{,}6907 = 0^g{,}0856.$$

Alcool butylique normal primaire. — Durée de l'expérience : 106 jours. Les valeurs indiquées ci-dessous se rapportent à la partie aqueuse des mélanges, débarrassés de la légère couche surnageante d'alcool butylique non dissous.

	1.	2.	3.
Rotation ($l = 2$)................	$+1°7'$	$+17'$	$+29'$
Sucre réducteur, pour 100$^{cm^3}$.....	$1^g{,}5873$	$1^g{,}0180$	$0^g{,}6999$

soit mannose disparu, pour 100$^{cm^3}$ de la partie aqueuse du mélange 1 :

$$(1{,}0180 + 0{,}6999) - 1{,}5873 = 0^g{,}1306.$$

On voit que, dans tous les cas, pour les quatre alcools monovalents envisagés, en présence de *d*-mannose, la *d*-mannosidase α a déterminé un processus synthétisant qui, sans aucun doute, a conduit à la formation des *d*-mannosides correspondants.

BIOLOGIE. — *Ce qu'il faut penser du « polymorphisme pœcilogonique » du* Palæmonetes varians (*Leach*). Note (¹) de M. **E. Sollaud**.

Le cas de la Crevette *Palæmonetes varians* (Leach) est souvent cité comme l'exemple le plus typique de *pœcilogonie*. Il est en effet admis, depuis Boas et Giard, que, entre les individus du type *microgenitor*, qui vivent en eau saumâtre le long des côtes occidentales de l'Europe, et ceux du type *macrogenitor*, qui vivent dans l'eau douce en Italie, il n'y a pas d'autres différences notables que celles qui s'observent dans les dimensions des œufs et dans le mode de développement; les adultes seraient semblables, à tel

(¹) Séance du 26 décembre 1923.

point que l'examen détaillé de leur morphologie ne saurait conduire à l'établissement d'unités systématiques distinctes. J'ai moi-même signalé un nouveau *mode pœcilogonique* (*mesogenitor*) chez les *Palæmonetes* qui peuplent les eaux continentales de la Tunisie et que l'on considérait jusqu'à présent comme appartenant eux aussi à la même espèce.

Or, contrairement aux assertions des auteurs, la séparation est des plus faciles à établir, au simple examen de l'adulte, entre les formes *micro-* et *macrogenitor* de Boas et de Giard. Une différence frappante, et remarquablement nette, s'observe en effet dans la structure des maxillipèdes I : Dans la forme *microgenitor*, comme dans la grande généralité des *Palæmoninæ*, les deux endites, coxal et basal, de cet appendice sont largement confluents, et leur séparation n'est marquée sur le bord interne du sympodite que par une faible échancrure; au contraire, dans tous les exemplaires de la forme *macrogenitor* que j'ai pu examiner, qu'ils proviennent des lacs Trasimène et d'Albano, des régions de Padoue, de Trieste, ou de l'île de Corfou (et il en est de même, d'après Pesta, chez les *Palæmonetes* trouvés dans les eaux thermales de Pise), l'endite basal est bien individualisé et beaucoup mieux séparé de l'endite coxal, le bord interne du sympodite dessinant alors un angle rentrant très prononcé [disposition qui se rapproche de celle que présente *Palæmonetes* (*Allocaris*) *sinensis* Soll.].

J'estime qu'il y a cependant avantage à maintenir cette forme, qui est l'ancien *Palæmon lacustris* de von Martens, dans le cadre de l'espèce de Leach : ce sera le *Palæmonetes varians lacustris* (von Martens). Le *Palæmonetes varians mesopotamicus* Pesta, du Khabour (affluent de gauche de l'Euphrate), appartient aussi, par les dimensions de ses œufs, au type *macrogenitor*; c'est une autre sous-espèce géographique, où le maxillipède I a conservé la structure habituelle, mais qui se distingue aisément des ses congénères plus occidentaux par la dentition du rostre et par la garniture de soies barbelées de l'extrémité postérieure du telson. A la forme d'eau saumâtre, du type *microgenitor*, qui vit dans les régions côtières de l'Europe occidentale et se retrouve sur le littoral du Maroc et sur celui de l'Algérie, nous donnerons le nom de *Palæmonetes varians occidentalis* ([1]).

Quant à la forme des eaux tunisiennes, si elle se rattache bien au groupe du *Palæmonetes varians*, elle s'écarte suffisamment de l'espèce de Leach pour mériter un nom spécifique nouveau. Elle s'en distingue en effet par un certain nombre de caractères importants, les différences les plus essentielles

---

([1]) La nomenclature adoptée ici sera justifiée ailleurs.

ayant trait à la structure des organes sexuels mâles. Aux pléopodes II l'*appendix masculina* est très grande et dépasse l'endopolite de près de la moitié de sa longueur, tandis qu'elle est toujours beaucoup plus courte que l'endopodite chez *Palæmonetes varians* ; son armature n'est d'ailleurs pas la même dans les deux cas (ces caractères ont été également vus, et récemment figurés, par Gurney); les pléopodes I du mâle possèdent un endopodite remarquablement développé, aussi grand, ou même plus grand que l'exopodite, alors que dans *Palæmonetes varians* il n'égale à peu près que la moitié de ce dernier; d'autre part on trouve des différences constantes dans les proportions relatives des articles des pattes, etc. A cette nouvelle espèce nous donnerons le nom, depuis longtemps employé dans nos notes personnelles, de *Palæmonetes punicus*. (Le *Palæmonetes* trouvé plus à l'Ouest par Gurney, dans la région de Biskra, semble devoir être considéré comme une race géographique de cette même espèce.)

Il n'est donc plus douteux que, indépendamment de toutes considérations relatives à la pœcilogonie, on doit reconnaître dans le groupe du *Palæmonetes varians*, propre à l'Europe occidentale et aux régions circaméditerranéennes, l'existence d'un certain nombre d'espèces ou sous-espèces très nettement caractérisées et possédant chacune un domaine propre.

D'autre part, on est un peu en droit de parler, du moins dans le cas qui nous occupe, de « *polymorphisme pœcilogonique* ». Certains auteurs semblent croire que les divers modes pœcilogoniques constatés dans le groupe du *Palæmonetes varians* ne traduisent pas des différences germinales, mais dépendent directement des conditions actuelles de milieu, notamment du degré de salinité de l'eau; il s'agirait alors de polymorphisme œcogénique. Dans l'esprit de mutationnistes, le *Palæmonetes varians* se rangerait dans la catégorie des espèces polymorphes, les différences observées dans les processus ontogénétiques correspondant à des mutations fournies par un type-souche. L'expérience et l'observation d'élevages longuement poursuivis au laboratoire pourraient seules conduire à une solution définitive de la question. Mais rien n'autorise à admettre qu'un *Palæmonetes varians occidentalis* (type *microgenitor*) ait jamais produit, ou puisse produire à l'époque actuelle, soit sous l'action de l'eau douce, soit, par suite d'une variation germinale de déterminisme inconnu, de gros œufs, d'où sortent immédiatement des larves analogues à celles du *Palæmonetes varians lacustris* ou du *Palæmonetes punicus*.

L'étude des divers types de développement, dans les *Palæmoninæ* à œufs très riches en vitellus, révèle une série de termes correspondant

à autant de degrés dans la condensation progressive de l'ontogénèse. Dans tel *Palæmon* à œufs volumineux il apparaît encore comme, dans toutes les formes à petits œufs, une larve *mysis*, où les pattes de la dernière paire sont seules dépourvues d'exopodites natatoires; ceux-ci ne se forment plus que sur les deux premières paires de pattes chez *Palæmonetes varians lacustris*, ailleurs ils ne sont plus représentés que par des organes-témoins, rudimentaires et infonctionnels; il n'y en a plus du tout chez *Palæmonetes punicus*. Il est à peu près certain que l'organisation de la larve, dans les formes à modes *meso-* ou *macrogenitor*, n'a pas été d'emblée ce qu'elle est aujourd'hui, dès le moment où s'est accrue dans une notable mesure la charge vitelline de l'œuf; tout porte au contraire à la considérer comme l'aboutissant d'une longue histoire plus ou moins complexe. Les biologistes semblent trop souvent enclins à négliger le facteur *temps*, et, soit à donner une importance exagérée aux causes actuelles, soit à attribuer, sans raisons bien plausibles, une origine récente à nombre de races ou espèces, en les considérant comme des mutations de telle ou telle forme voisine actuelle regardée comme forme-souche.

PHYSIOLOGIE. — *Constance remarquable du milieu intérieur des Téléostéens marins*. Note (¹) de M. **Marcel Duval**, présentée par M. Henneguy.

L'an dernier (²) en commun avec M. P. Portier, nous avons montré comment variait la concentration du milieu intérieur de Poissons d'eau douce (Carpe et Anguille) et de Sélaciens (Roussette) quand on modifiait la salinité du milieu ambiant. Nous avons dernièrement étendu ces recherches aux Téléostéens marins (Congre, Murène et Rascasse) et nous avons obtenu un résultat tout différent de celui auquel nous avait conduits l'étude des Poissons d'eau douce ou des Sélaciens. Nous avons vu en effet que la concentration du milieu intérieur de ces Poissons était très sensiblement modifiée quand on les transportait dans des solutions de diverses teneurs en sel. Au contraire, dans les mêmes conditions, nous avons constaté que les Téléostéens marins étudiés maintenaient très sensiblement constante la pression osmotique de leurs humeurs.

(¹) Séance du 26 décembre 1923.
(²) *Comptes rendus*, 22 mai, 6 juin et 31 juillet 1922.

Voici quelques-unes de nos expériences :

Les Poissons, conservés depuis peu de temps dans les aquariums du musée de Monaco, sont placés dans des mélanges à proportions variables d'eau de mer et d'eau douce. Après un séjour de plusieurs heures, on les retire de la solution, on les saigne et on détermine le point de congélation du sérum ainsi que celui de la solution.

Les principaux résultats obtenus sont consignés dans le Tableau suivant :

	Δ du mélange.	Δ du sérum.	Durée du séjour.
	Congre.		
Eau de mer......	−2°,12	−0°,78	
»	−1,18	−0,75	5h
»	−0,73	−0,77	6h30m
Eau douce.......	−0,03	−0,73	5h
	Rascasse.		
Eau de mer......	−2,12	−0,63	
Eau douce.......	−0,03	−0,63	18h30m
	Murène.		
Eau de mer......	−2,12	−0,76	
»	−0,30	−0,76	6h

L'examen de ce Tableau montre que la pression osmotique du sérum des Poissons étudiés varie extrêmement peu à la suite d'un séjour de plusieurs heures dans l'eau de mer diluée [1]. Par exemple, la différence entre le point de congélation du sérum du Congre normal ($\Delta = -0°,78$) et celui du sérum du même animal ayant séjourné 5 heures dans l'eau douce et sur le point de mourir ($\Delta = -0°,73$) est seulement de 0°,05.

Pour la Rascasse et la Murène la différence est inappréciable, inférieure à 0°,02.

Cette fixité du milieu intérieur des Téléostéens marins nous paraît très remarquable car les Téléostéens d'eau douce ont un sérum dont la concentration dépend beaucoup de celle du milieu extérieur.

On peut se demander quelle est la cause de la mort des Téléostéens

(1) Par des pesées de Poissons que l'on transportait de l'eau de mer dans des mélanges d'eau de mer et d'eau douce, Quinton avait remarqué la constance du poids des Téléostéens marins et en avait déjà conclu l'absence de communication osmotique entre les milieux intérieur et extérieur.

marins qu'on laisse séjourner un certain temps dans l'eau douce. Cette cause ne paraît pas être d'origine osmotique puisque la concentration des humeurs de ces Poissons ne varie pas du fait de ce changement de milieu.

Quant au mécanisme qui s'oppose aux échanges osmotiques entre le Téléostéen marin et le milieu extérieur, on peut penser, selon les idées de MM. Mayer et Schæffer, qu'il consiste en une faible valeur du rapport $\frac{\text{cholestérine}}{\text{acide gras}}$ pour la peau et les branchies.

Des expériences sont en cours pour mesurer ce rapport chez quelques Poissons d'eau de mer et d'eau douce.

PHYSIOLOGIE. — *La composition globale des organismes dans les carences diverses.* Note ([1]) de MM. **E.-F. Terroine, A. Feuerbach** et **E. Brenckmann**, présentée par M. Henneguy.

Depuis les mémorables études de Lawes et Gilbert sur la composition globale des organismes, la question de savoir si cette composition est modifiable par l'alimentation ou si, au contraire, elle présente une constance parfaite, question longuement débattue, n'a jamais été résolue. Les uns pensent avec Bischoff et Voit qu'il y a variation de la composition des tissus; les autres estiment avec Rubner que change seule la proportion relative des tissus de fonctionnement et des réserves.

Il nous a paru que les données acquises par nos recherches antérieures et tout particulièrement la mise en évidence d'une composition constante, caractéristique, chez tous les sujets d'une même espèce, nous permettaient de reprendre avec fruit l'étude de cette question.

Nous l'avons fait en nous fondant sur le raisonnement suivant : si l'organisme varie sous l'influence de l'alimentation, la suppression d'une substance donnée, à l'exception de tous les autres éléments utiles de la ration, devra permettre d'observer un appauvrissement caractéristique lors de la mort résultant de la privation imposée; si, au contraire, rien d'autre ne varie que le rapport entre les tissus actifs et les réserves, non seulement la composition ne sera pas caractéristique de la carence imposée, mais encore elle se rapprochera, quelle que soit cette carence, de la composition observée lors de la mort par inanition.

([1]) Séance du 26 décembre 1923.

Nous avons appliqué ce raisonnement à l'étude de la composition globale de Souris ayant succombé : à l'inanition avec eau, à l'inanition absolue, à l'inanition hydrique (alimentation complète mais desséchée à 100° jusqu'à poids constant), à l'inanition protéique, à l'inanition minérale, à l'avitaminose complète (ration chauffée à 125° pendant une heure).

Les résultats, dont le détail sera donné dans un prochain Mémoire, peuvent être résumés par les valeurs moyennes ci-dessous :

	Eau.	Matières protéiques.	Substances grasses et lipoïdiques.	Cendres.
Inanition avec eau.......	76,5	18,75	2,36	3,1
Inanition absolue........	76,0	18,93	2,36	3,0
Inanition hydrique......	72,3	21,37	2,95	3,61
Inanition protéique......	72,4	19,43	2,81	4,1
Inanition minérale......	71,9	20,81	2,61	3,85
Avitaminose...........	73,0	19,68	2,90	3,54

En dehors des variations des cendres qui indiquent sans doute une modification du rapport du tissus et du squelette, il nous paraît ressortir très nettement des valeurs ci-dessus que la composition réelle de l'organisme, réserves non comprises, n'est pas modifiable par l'alimentation. La teneur en eau est exactement la même dans l'inanition avec eau et dans l'inanition absolue. Si elle est plus faible dans le cas de l'inanition hydrique, cela tient simplement à ce que la mort survient avant la disparition complète des réserves; au surplus cette teneur ne se distingue en rien de celle observée lors des autres carences, alors qu'il n'y a point privation d'eau. L'organisme ne présente nullement un appauvrissement particulier en cendres lors de l'inanition minérale. Enfin, si l'on s'adresse au constituant essentiel, aux matières protéiques, le taux n'en est en rien modifié, que l'organisme en ait été ou non privé. En réalité, les seules variations sensibles sont celles de l'eau et des corps gras; elles traduisent, non des modifications de composition des tissus, mais des variations de la grandeur des réserves.

Une telle constatation démontre l'existence d'une harmonie nécessaire entre tous les constituants de l'organisme. Que l'organisme soit privé d'eau, de substances minérales, de matières protéiques ou de vitamines, il ne peut emprunter à ses tissus l'un de ces éléments sans démolir un édifice qui les comprend tous. On est donc amené à penser que le fonctionnement matériel d'un organisme a pour conséquence le maintien d'un équilibre quantitatif rigoureusement constant entre ses divers constituants.

Tout être vivant peut alors être considéré comme une somme de deux parties :

D'une part, l'organisme réel dont la composition est inaltérable et dont toutes les fonctions tendent à maintenir constantes un équilibre caractéristique entre les divers constituants, et cela à travers les variations de nature des régimes alimentaires;

D'autre part, des réserves (graisses chez les Homéothermes) à caractère quantitatif extrêmement variable suivant les états de nutrition et dont la variabilité masque, à l'état normal, la constance réelle des organismes.

BIOLOGIE. — *L'allélogenèse chez les Métazoaires et les Protozoaires.* Note (¹) de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. Henneguy.

Étant donnée une population d'animaux marins de même espèce, si l'on fait monter le P_H extérieur, la plupart mourront; mais leurs œufs peuvent vivre et évoluer dans le nouveau milieu; c'est ce que j'appelle l'adaptation germinale.

Nous pouvons séparer les produits nés de cette adaptation en quatre lots:

1° Des individus invariés, qui pourront vivre dans le nouveau milieu aussi bien que dans l'ancien (*isomorphes euryhyalins*) (?)

2° Des individus invariés qui ne peuvent plus vivre que dans le nouveau milieu, et meurent si on les reporte dans l'ancien (*isomorphes sténohyalins*).

3° Des individus modifiés, mais instables, dont les produits seront différents des parents s'ils évoluent dans le nouveau milieu, mais retournent à la forme ancestrale s'ils évoluent dans l'ancien milieu (*allomorphes instables ou réversibles*).

4° Des individus modifiés, dont la modification sera stable, irréversible, dans le nouveau milieu, mais qui ne pourront plus vivre dans l'ancien milieu où vivaient les parents (*allomorphes stables ou irréversibles*).

Ainsi, une même ponte, par changement du P_H extérieur pourra donner des produits divers, parmi lesquels les allomorphes stables représentent une nouvelle espèce. C'est ce que j'ai appelé l'allélogenèse (ἀλλήλος, l'un et l'autre).

J'ai pu démontrer expérimentalement l'allélogenèse chez divers Métazoaires, en particulier chez les Copépodes: *Cyclops bicuspidatus* Cls.; *Eurytemora affinis* Poppe; *Canthocamptus staphylinus* Jur.; chez un Oligochète: *Tubifex rivulorum* d'Udekem, et deux Rhabdocœles: *Macrostomum appen-*

(¹) Séance du 26 décembre 1923.

diculatum Fabr. et *Promesostomum ovoideum* O. Schm. D'autres espèces sont à l'étude.

Les allomorphes peuvent être très différents de l'espèce-souche et, pour une même espèce, il peut y avoir plusieurs allomorphes : *Canthocamptus staphylinus* donne pour un P_H de 8,4 environ un isomorphe sténohyalin et trois allomorphes dont deux sont d'espèces connues : *C. minutus* Cls., *Mesochra Blanchardi* J. Rich. ; le troisième, un *M. salina* non encore décrit. Les caractères de nos allomorphes se rapprochent de ceux de ces espèces, mais sans arriver à l'identité absolue.

Parmi les Protozoaires, *Dunaliella viridis* Teod. donne en milieu sursaturé de chlorure de sodium et de sels de magnésium, pour un P_H de 8,2-8,4, un isomorphe, *D. viridis nana*, et un allomorphe, *D. Kermesina* Turpin (1836), qui répond à l'ancien *D. salina* Dunal (1838).

Ainsi se vérifie l'idée de Lamarck d'une *adaptation causale, mais sans qu'intervienne l'hérédité des caractères acquis.*

L'origine de l'allélogenèse se trouve, en effet, dans un phénomène colloïdal initial, difficile à saisir chez les Métazoaires, mais qui apparaît nettement chez les *Dunaliella* sous l'apparence optique d'un hydrosol se substituant au gel colloïdal. De là résulte un changement dans le rythme des phases cellulaires. Chez *Dunaliella viridis*, ce changement détermine la disparition de l'amidon et de la chlorophylle ainsi que du stigma, en même temps qu'apparaît le pigment rouge (*dunaline*) et que se forme la chlamyde, caractéristiques de *Kermesina*.

Chez les Métazoaires, où sous l'action d'un P_H ascendant, la fécondation, même hétérogène, se fait mieux, et la vitesse du développement est accrue, l'allomorphisme résulte d'un changement dans les phases de croissance, et l'on peut l'expliquer par le fait que la concordance normale des lignées cellulaires est modifiée, ce qui produit des raccourcissements ou des extensions dans l'étendue de ces lignées.

Ainsi, on peut nettement séparer l'action du milieu des facteurs internes. Un P_H ascendant déclenche le phénomène colloïdal, mais la réaction de l'organisme peut, ou bien ne pas apparaître optiquement (isomorphie) ou bien devenir visible (allomorphie). Les caractères nouveaux apparus chez les allomorphes ne seront ni utiles, ni nuisibles. Ils seront *quelconques*, progressifs ou régressifs et sans sériation orthogénétique.

Je ne puis affirmer cet émiettement des espèces que pour le P_H ascendant de l'eau de mer et pour les seules espèces dont j'ai obtenu expérimentalement la transformation.

HISTOLOGIE. — *Histogenèse des élytres en régénération chez* Halosydna gelatinosa. Note (1) de M. Aug. Michel, présentée par M. Henneguy.

Dans des Notes antérieures (2), j'ai étudié la structure complexe des élytres d'Aphroditiens (*Halosydna gelatinosa*, *Lagisca extenuata*, *Stenelais boa*, *Leanira Yhleni*); je reprends la question chez *H. gelatinosa* par l'étude histologique de leur développement provoqué par régénération, soit des élytres, déjà (3) constatée, sûre et rapide, soit de l'ensemble caudal.

L'ablation de l'élytre est facile par simple rupture de son attache périphérique, amincie par les cavités; mais cette chute est incomplète, l'élytrophore gardant le plancher, c'est-à-dire la basale faiblement revêtue sur ses faces de l'endothèle et du résidu ectodermique. La régénération débute par une saillie entre les parois repliées du pédoncule : l'intérieur de cette saillie est plus ou moins rempli; l'extérieur, entre les parois épaissies, se garnit d'abord d'un tissu lâche, issu à la fois du plancher conservé et de la couche profonde des parois; puis progressivement se recouvre d'un autre plus tranché, né de la couche superficielle à cellules longues et serrées; la limite entre ces deux masses, interne et externe, est marquée par la basale pénétrant en cloche dans l'ébauche; mais cette basale y est peu nette, comme discontinue en fragments radiaux : si, au lieu d'altération (par contraction lors de la chute de l'élytre, ou par technique de préparation), on invoque une traversée de filaments, ils seraient plutôt, vu l'aspect fibreux de l'épiderme à ce stade régénératif, des prolongements de cette couche et ainsi confirmatifs d'une origine ectodermique pour la partie essentielle de l'élytre. Bientôt cet élytre s'élargit, davantage du côté externe, en un disque plat. Cette ébauche, développant plus son volume que sa masse, le tissu, sous sa surface régularisée en un épithèle tranché, de lâche devient surtout lacunaire, d'où une sorte de cavité, vague mais propre à l'élytre; en même temps la cloche se régularise dans l'ébauche en un diverticule cœlomique, à paroi formée de la basale doublée intérieurement d'une simple couche endothéliale; enfin ce diverticule s'élargit dans l'élytre en une cavité, principale mais seulement adaptée et restant reliée au cœlome par un passage resserré entre les parois de l'élytrophore.

---

(1) Séance du 26 décembre 1923.

(2) *Comptes rendus,* décembre 1920, 28 novembre et 19 décembre 1921.

(3) *Comptes rendus*, 19 janvier 1911.

Cet épithèle, vu de face, présente des cellules juxtaposées, dont les meilleures techniques de coloration montrent les limites en nets tracés, même sur la cuticule isolée. Vu de profil, ce tissu est d'abord plus ou moins épais, à cellules fusiformes, perpendiculaires à la surface, et ainsi engrenées; bientôt par son extension il s'amincit, presque en une seule couche de cellules coniques à fin prolongement profond. De plus, beaucoup de cellules, surtout vers le bord de plus grande extension de l'élytre, se différencient : des vacuoles naissant, s'accroissant, se fusionnant avec réduction du cytoplasme à un réseau de filaments périphériques, ces cellules se renflent en utricules en forme de corbeilles; cette transformation n'a probablement qu'un rôle mécanique en donnant une consistance gélatineuse aux élytres. Ces éléments gonflés compriment les éléments indifférenciés, au point que le réseau ainsi formé a pu être pris pour de simples limites cellulaires d'un épithèle. Enfin se forment çà et là de petites cellules, futures matrices des scutelles.

Le tissu interne lacuneux résulte de la désagrégation profonde de l'ectoderme, ce qui progressivement lui donne une apparence de conjonctif. Ses cellules sont d'abord étoilées. Puis la plupart s'étendent en éléments fusiformes, de plus en plus longs, sécrétant une fibrille, et ainsi leur corps se réduit de plus en plus à une masse nucléée; ces fibres sont près du centre surtout, rayonnantes et appliquées contre l'épithèle; un peu plus loin, par la différenciation des grandes cellules utriculaires, elles sont plutôt écartées sous le réseau; puis, par leur multiplication en profondeur, elles se disposent diversement, d'abord encore assez espacées, mais enfin au point de former le riche lacis définitif. Quelques cellules au contraire accentuent leur forme étoilée par un corps nucléé arrondi et des filaments rayonnants, déjà à peu de distance fins et toujours très entortillés.

Parmi ces cellules d'origine ectodermique, internes et bientôt fusiformes, certaines se groupent en nerfs ou en amas ganglionnaires. Ce système nerveux s'établit en raccord avec le nerf logé dans l'épiderme de l'élytrophore; immédiatement c'est l'ébauche du gros ganglion, puis des rameaux avec faibles renflements, enfin aux bords du disque de simples chaînes de cellules fusiformes.

La considération des élytres dans la régénération de l'ensemble caudal, par sa simplicité relative, précise et confirme les résultats essentiels. Certaines saillies du bourgeon, encore dans ce cas déterminées suivant la loi numérique ([1]), se différencient en élytres par l'élargissement surtout

([1]) *Comptes rendus*, 19 janvier 1911.

postéro-externe de leur extrémité. Les cellules se disposent en un épithèle presque à une seule couche, chaque cellule avec prolongement profond; de même, surtout au bord plus étendu du disque, des vacuoles indiquent de futures cellules utriculaires. Une cloison transverse baso-endothéliale divise l'intérieur du disque en deux cavités nettement distinctes, l'une propre à l'élytre, l'autre diverticule du cœlome de l'élytrophore; pour le tissu fibreux, cette cloison n'est pas soumise, au moins à ce stade, à une traversée de cellules ou de prolongements, c'est au contraire l'élytre qui émigre déjà des éléments de son épithèle dans sa cavité propre. Du système nerveux élytral la réapparition est dans ce cas plus retardée parce que naturellement elle implique la régénération préalable pour l'ensemble.

Les questions générales sont relatives à la nature de la cavité principale et de la couche fibreuse : elles se touchent et s'appuient sur celle de la basale. La couche fibreuse n'est plus regardée comme un tissu musculaire ou conjonctif, ni inversement comme un simple réseau de fibrilles entre les cuticules ou intercellulaires; mais l'auteur le plus récent (¹) combine en quelque sorte ces hypothèses : s'appuyant sur le peu de netteté de la basale au foyer régénératif, il suppose pour la formation du tissu fibreux à la fois la pénétration de cellules dans la basale et ainsi la complète dissociation de ses fibrilles. D'après ce qui précède, au moins chez *H. g.* et avec précision pour la régénération caudale, je n'ai vu ni l'une ni l'autre; je ne puis non plus admettre avec cet auteur un élytre normalement massif et sa cavité d'origine accidentelle.

Ainsi la régénération confirme mon opinion sur la nature de l'élytre : son tissu, seulement *pseudo-conjonctif* (analogie), est, à part la vésicule endothéliale ajoutée, situé entre cuticule et basale, donc *ectodermique* (homologie).

CYTOLOGIE. — *L'appareil de Golgi dans la gamogonie de la Coccidie* Aggregata Eberthi. Note (²) de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, présentée par M. Henneguy.

La gamogonie des Coccidies, présentant un ensemble de modifications cellulaires plus variées que celles de la schizogonie, nous a paru la phase dont l'étude était susceptible d'apporter les résultats les plus concluants dans la recherche du phénomène de la dictyokinèse.

(¹) Duncker, *Zeitschr. f. w. Zool.*, 1906.

(²) Séance du 26 décembre 1923.

Le matériel le plus favorable a été fourni par la Coccidie *Aggregata Eberthi* Labbé. Dès les phases jeunes, on trouve dans les gamontes les mitochondries distinctes de l'appareil de Golgi. Le gamonte, qui vient de pénétrer dans l'épithélium intestinal de la Seiche, a de fins chondriocontes. Son appareil de Golgi est placé sur la membrane nucléaire qu'il entoure d'une ligne presque continue. Cette ligne porte des excroissances formées de croissants ou de granules. Pendant la croissance la ligne périnucléaire se rompt, l'appareil de Golgi se groupe en quelques masses voisines du noyau.

A mesure que la croissance se poursuit, l'appareil de Golgi s'éloigne du noyau et forme des plages qui se répandent dans le cytoplasme. Le fond d'une plage se teinte légèrement en gris par l'acide osmique et montre parfois des affinités nettes pour la fuchsine. Sur ce fond, sont disposés les petits arcs ou les granules, éléments nettement noircis à l'acide osmique. A un fort grossissement, les granules peuvent présenter une calotte plus fortement imprégnée que le reste du grain.

Quand le gamonte a achevé sa croissance, les éléments de Golgi qui s'étaient disséminés dans le cytoplasme se groupent de nouveau. On les retrouve auprès du noyau qui a émigré vers la périphérie cellulaire. Ils se présentent parfois en une masse irrégulière qui rappelle un peu l'aspect classique du réseau souvent décrit dans l'appareil de Golgi.

Dans le microgamétocyte arrivé à la maturité, les éléments de Golgi, granules et croissants, sont disséminés dans tout le cytoplasme. Quand le noyau va se diviser, s'il s'agit d'un microgamétocyte de petite taille, les éléments de Golgi se portent en plus grande abondance à la périphérie suivant une zone parallèle à la surface. Si l'on a un microgamétocyte de grande taille, les éléments de Golgi s'orientent suivant les futures zones de découpage qu'ils jalonnent. La suite de l'évolution est la même dans les deux microgamétocytes, quelle que soit leur taille. Les granules de Golgi se rassemblent par petits groupes et chaque groupe pénètre dans la proéminence cytoplasmique qui donnera le futur microgamète. Quelques éléments mitochondriaux semblent participer à cette genèse du gamète; il n'en est pas de même du paraglycogène qui reste dans le reliquat. On distingue les granules de Golgi dans les diverses phases du développement du microgamète. A la maturité, ils ne sont plus nets et semblent se réunir sur la membrane de la zone antérieure. Parfois, mais rarement, la ligne résultant de leur fusion apparaît distincte de la membrane cellulaire.

Quand la fécondation a été effectuée, les éléments de Golgi du macrogamète, qui se trouvent au pôle occupé par le noyau, émigrent vers le pôle cellulaire opposé. Plus tard, ils se disséminent dans le cytoplasme. Au moment de la formation des sporoblastes, ils viennent jalonner les futurs rubans de découpage puis se distribuent en groupes de quelques granules. Chaque groupe pénètre dans la proéminence cytoplasmique proche de lui qui donnera un sporoblaste. Cette évolution est tout à fait comparable à celle que l'on trouve dans la formation des microgamètes; il y a cependant une différence importante: de petits corpuscules de paraglycogène passent dans les spores et passeront même dans les sporozoïtes.

Les éléments de Golgi, groupés en une seule masse dans la spore qui vient de se former, suivent encore une fois le même sort que celui du noyau. Lors de la division nucléaire, chacun des groupes de Golgi qui s'est formé passera dans un futur sporozoïte. Quand ce dernier s'est constitué, les granules de Golgi y paraissent moins distincts. Ils se réunissent en une plaque antérieure qui se confond avec la membrane. Cette plaque, comme d'ailleurs la ligne signalée à la partie antérieure du microgamète mûr, est peut-être comparable à un acrosome.

L'appareil de Golgi a donc une évolution tout à fait parallèle à celle du noyau, il se comporte comme un élément cellulaire constant, se transmettant à travers les diverses générations de cellules dans toutes les phases de la gamogonie. L'existence du phénomène de la dictyokinèse dans cette phase de l'évolution des Coccidies est donc vraiment probable.

Suivant l'interprétation des auteurs, nous avons décrit sous le nom d'appareil de Golgi des formations qui, étant distinctes des autres éléments cytoplasmiques, mitochondries, paraglycogène, réserves albuminoïdes, sont révélées dans le cytoplasme par la méthode de Kopsch ou par la méthode à l'argent. Toutefois, les caractères morphologiques de ces formations les éloignent parfois d'un appareil de Golgi type. L'application des techniques employées faisant simplement apparaître les corps osmioréducteurs, il n'est pas certain que tout ce qu'on décrit sous le nom d'appareils de Golgi puisse se ramener à une interprétation unique.

Shana D. King et J. Brontëe-Gatemby, dans un Mémoire dont nous n'avons eu connaissance qu'après la publication de notre Note sur le cytoplasme de l'*Adelina dimidiata*, mais qui lui est antérieur de quelques jours, décrivent l'appareil de Golgi d'une *Adelea*. Les résultats que nous avions indiqués concordent avec ceux que donnent ces auteurs. Ils ne signalent toutefois dans le microgamétocyte que quelques grains pouvant être

interprétés comme appareil de Golgi, et ils les considèrent comme de signification incertaine. Les Adéléidés semblent, pour l'évolution de l'appareil de Golgi, être un matériel moins favorable que les Aggrégatidés.

ARCHÉOLOGIE. — *Les poissons du Nil figurés dans quelques tombeaux égyptiens de l'Ancien Empire.* Note (1) de M. **Claude Gaillard**, présentée par M. Joubin.

L'étude des admirables scènes de pêche représentées en bas-reliefs, dans certains monuments des premières dynasties pharaoniques, en particulier dans les tombeaux de Ti et de Méra, à Saqqârah, a permis de reconnaître la plupart des poissons qui vivent de nos jours dans le Nil égyptien, d'Assouan à la Méditerranée.

Parmi les nombreuses silhouettes de poissons que nous avons examinées au Muséum de Lyon, voici, par ordre de fréquence, la liste des espèces reconnues :

Mugil cephalus, Linné; *Mugil capito*, Cuvier; *Tilapia nilotica*, Linné; *Clarias anguillaris*, Linné; *Clarias lazera*, Cuvier et Valenciennes; *Synodontis schall*, Bloch-Schneider; *Synodontis batensoda*, Rüppell; *Anguilla vulgaris*, Turton; *Mormyrus kannume*, Forskall; *Mormyrus caschive*, Hasselquist; *Mormyrus niloticus*, Bloch-Schneider; *Tetrodon fahaka*, Linné; *Citharinus citharus*, Ét. Geoffroy-Saint-Hilaire; *Citharinus latus*, Müller et Troschel; *Malopterurus electricus*, Gmelin; *Gnathonemus cyprinoïdes*, Linné; *Petrocephalus bone*, Lacépède; *Petrocephalus bovei*, Cuvier et Valenciennes; *Lates niloticus*, Linné; *Barbus brynni*, Forskal; *Labeo niloticus*, Forskal; *Schilbe mystus*, Linné; *Hyperopisus bebe*, Lacépède; *Heterobranchus longifilis*, Cuvier et V.

Grâce à la collaboration de M. Victor Loret, professeur d'égyptologie à l'Université de Lyon, ancien directeur du Service des antiquités de l'Égypte, et de M. Charles Kuentz, membre de l'Institut français du Caire, il a été possible de donner une signification objective précise aux diverses dénominations hiéroglyphiques, coptes et arabes, se rapportant aux poissons de la liste précédente.

Les préoccupations d'ordre culinaire n'entraient donc que pour une bien faible part dans l'esprit des artistes de l'antique Égypte. En réalité, les anciens Égyptiens ont représenté, dans leurs scènes de la vie populaire, tous les animaux, domestiques ou sauvages, qui leur étaient connus : singes,

(1) Séance du 26 décembre 1923.

chiens, chats, ichneumons, oiseaux de proie, crocodiles, serpents, poissons, insectes, et non pas seulement les espèces comestibles.

Puisque les Polyptères, Hydrocyons, Alestes et Distichodus ne figurent pas dans les tombeaux des premières dynasties et que, d'autre part, les silhouettes si particulières de ces poissons ne se remarquent dans aucune inscription ancienne, c'est que ces espèces étaient inconnues des Égyptiens de l'époque memphite. Elles sont probablement descendues plus tard de l'Afrique tropicale où vivent encore le plus grand nombre de leurs congénères. Ces espèces, originaires du bassin du Tchad, du Bar-el-Ghazal et du Nil Blanc, représentent quelques-uns des changements survenus, au cours des siècles, parmi les poissons de la région inférieure du Nil. Il est extrêmement probable que les Polyptères, Hydrocyons et les deux autres poissons se sont propagés dans le Nil égyptien après les premières dynasties de l'Ancien Empire, mais bien avant la période arabe. Des recherches dans les textes anciens permettront sans doute de déterminer approximativement l'époque à laquelle ils ont fait leur apparition en Égypte. M. Victor Loret a déjà fait connaître qu'il a trouvé *Alestes dentex*, le *Raï* des indigènes, cité sous le même nom dans un texte d'époque gréco-romaine. *Hydrocyon forskali*, le *Kelb-el-bahr* des pêcheurs du Caire était connu, d'après Geoffroy-Saint-Hilaire, à l'époque de Saint-Clément d'Alexandrie qui l'a signalé comme descendant des premiers de la Nubie, avec les grandes eaux du fleuve. Polyptère *bichir* a dû venir plus récemment des régions du Haut-Nil.

Sans insister davantage sur ces conclusions, il convient de noter une fois de plus que la haute valeur artistique, historique et scientifique des figurations animales de l'antique Égypte est due avant tout à ce que les plus anciens Égyptiens cultivaient leurs aptitudes et leur talent uniquement dans la contemplation directe de la nature. C'est parce que les artistes des premières dynasties pharaoniques se sont fidèlement inspirés des êtres qui les entouraient, que les historiens et les naturalistes peuvent à leur tour trouver dans l'étude des monuments de l'Ancien Empire une source précieuse et très sûre de documentation.

Les figurations animales de l'antique Égypte n'intéressent pas seulement les égyptologues, les historiens et les artistes; elles peuvent aussi fournir aux naturalistes des renseignements de grande valeur concernant la composition de la faune des poissons du Nil à l'époque memphite, et nous éclairer sur les modifications que cette faune a subies depuis cette époque, c'est-à-dire pendant un intervalle de 5000 années environ.

Parmi les poissons actuels du Nil égyptien, qui ne figurent point dans les monuments de l'Ancien Empire, on distingue deux catégories : la première se compose, soit d'espèces voisines de celles mentionnées plus haut et avec lesquelles les indigènes les ont de tout temps confondues, soit d'espèces vivant dans le Haut-Nil ou le Nil Blanc, et qu'on ne rencontre que très rarement dans les régions inférieures du grand fleuve. La seconde catégorie est beaucoup plus intéressante. Elle comprend des poissons bien connus actuellement des pêcheurs indigènes et à la fois très différents de ceux représentés par les artistes de l'antique Égypte : on remarque surtout l'absence complète de *Polypterus bichir*, E. G. Saint-Hil., *Hydrocyon forskali*, Cuv., *Alestes dentex*, L. et *Distichodus niloticus*, L. Pourquoi ces poissons, qui sont tous désignés de nos jours par des appellations indigènes particulières, ne se trouvent-ils ni figurés sur les bas-reliefs de l'Ancien Empire, ni mentionnés dans les textes de la période memphite ?

On est porté d'abord à penser que ces poissons n'ont pas été représentés, parce qu'ils ne sont peut-être pas comestibles. Cette supposition est inadmissible, car les Hydrocyons, Alestes et Distichodus sont appréciés par les Égyptiens. Quant au Polyptère bichir, sa chair, d'après Geoffroy Saint-Hilaire, est « beaucoup plus savoureuse que celle des autres habitants du Nil ». D'autre part le Fahaka, poisson vénéneux, se voit presque dans tous les anciens monuments.

ZOOLOGIE. — *L'état jeune des Ectyonines.* Note (¹) de M. **E. Topsent**, présentée par M. L. Joubin.

La faune des Spongiaires comprend partout une grande quantité de formes encroûtantes, lisses ou hispides, grisâtres ou richement colorées, qu'il est généralement impossible de reconnaître sans le secours du microscope. L'étude en est souvent intéressante parce que beaucoup d'Éponges ne se présentent pas autrement et que parmi elles se rencontrent nombre de types tout particuliers. Mais le polymorphisme, qui ajoute tant aux difficultés de la détermination des Spongiaires en général et dont l'état encroûtant n'est qu'un aspect, peut, à cet état spécial, se compliquer de variations déconcertantes dans la structure du squelette. Il en est ainsi pour ceux des membres de la riche famille des Ectyonines qui sont aptes

(¹) Séance du 26 décembre 1923.

à devenir massifs comme les *Stylostichon* et les *Anchinœ*, ou à se ramifier comme les *Raspailia* et les *Clathria*. Il a été établi, pour celles des Ectyonines destinées à rester encroûtantes, quelques genres bien définis par la forme des spicules qu'ils produisent et par la façon dont ils les disposent. Les *Hymedesmia*, par exemple, placent debout sur le support leurs mégasclères choanosomiques, qui sont tous des acanthostyles; les *Eurypon* se distinguent des précédents, surtout en ce que les spicules qu'ils orientent ainsi sont de deux sortes distinctes; les *Microciona* rassemblent leurs spicules par petits bouquets piqués chacun dans une colonnette de spongine. Seulement, il faut savoir, et c'est le point sur lequel je désire appeler l'attention, qu'aux nombreuses espèces représentant réellement ces genres s'ajoutent couramment dans ce qu'on peut avoir l'occasion d'observer des formes jeunes d'autres Ectyonines. Les *Stylostichon*, *Anchinœ*, *Raspailia*, *Clathria*, pour ne citer qu'elles, ont, suivant leur âge, des structures différentes et n'atteignent celle qui doit les caractériser génériquement qu'après être passées par des états plus simples correspondant aux états définitifs des *Hymedesmia* ou *Eurypon* et *Microciona*.

Les *Raspailia* jeunes peuvent être prises pour des *Eurypon*, car elles forment des croûtes dressant sur toute leur étendue un par un au contact du support des mégasclères lisses et des acanthostyles; les chances de confusion sont moindres au sujet de celles qui possèdent des styles de type pur ou des cellules sphéruleuses spéciales; la disposition habituelle de leurs mégasclères ectosmiques par faisceau autour des grands mégasclères en leur point d'émergence permet le plus souvent d'éviter une erreur.

Les *Anchinœ* se montrent, parfois en de très larges plaques, d'abord comme des *Hymedesmia* véritables à acanthostyles de deux tailles. Il leur arrive de prendre de l'épaisseur en poussant le long de corps étrangers grêles comme des colonies rameuses de Bryozoaires, sans pourtant cesser de planter leurs acanthostyles debout sur eux suivant le mode hymédesmioïde. C'est quand leur croissance doit continuer sans soutien qu'elles s'organisent la charpente qui les caractérise : de forts faisceaux de leurs mégasclères lisses, se disposant dans leur chair en série continue, composent alors des fibres dendritiques que renforce un dépôt de spongine et sur lesquelles s'implantent des acanthostyles.

Pour dépasser le stade *Hymedesmia* et s'épaissir, les *Stylostichon* en plaques multiplient par endroits les acanthostyles à leur base et en constituent des bouquets puis des colonnettes plumeuses.

Quant aux *Clathria* qui sont en général des Éponges dressées, rameuses et

de consistance ferme, on les rencontre fréquemment en croûtes rouges hymédesmioïdes. Sur une douzaine d'espèces de ce genre découvertes jusqu'ici dans les eaux de l'Europe occidentale, plusieurs n'ont encore été vues qu'à cet état. Miss J. Stephens en a décrit quatre des côtes d'Irlande; elle en a fait des *Eurypon*, mais l'ensemble de leurs isochèles palmés, de leurs toxes et de leurs spicules ectosomiques monactinaux montre leur parenté véritable. D'habitude, il s'établit à leur base une couche continue de spongine où leurs acanthostyles debout ont la tête engagée. De quelques-unes, en particulier de *C. compressa* O. S., j'ai pu suivre la croissance. Là où la croûte s'épaissit quelque peu, des mégasclères principaux de deux tailles se rapprochent par petits groupes, se placent à des niveaux différents où les maintient un lien de spongine et constituent de courtes colonnes plumeuses d'autant plus comparables à celles des *Microciona* que les spicules se ressemblent dans les deux genres. Plus tard encore, un dépôt continu de spongine se soulève en fibres cornées qui incorporent les spicules les plus grands pour s'en consolider et retiennent les autres plantés à leur surface pour s'en hérisser. Ainsi s'établit en trois étapes la charpente propre aux *Clathria*. Il est possible que pour certaines de nos espèces ces étapes ne soient toutes franchies que chez des individus particulièrement vigoureux.

ZOOLOGIE. — *Multiplication asexuée chez* Dodecaceria *du Portel par émiettement métamérique, ou processus de cténodrilisation.* Note (1) de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. F. Mesnil.

Lorsque Caullery et Mesnil ont publié leur grand travail sur *Dodecaceria concharum* (2), ce Cirratulien n'avait pas encore été récolté dans le Pas-de-Calais. Pour ma part, jusqu'à ces derniers temps, je ne le connaissais que par deux exemplaires recueillis, en 1908, au cours d'un dragage dans le détroit, et qui habitaient une colonie calcaire de *Cellepora*. En septembre dernier, j'en découvris un riche gisement dans les calcaires marneux qui forment le soubassement du fort de l'Heurt au Portel. Mais le peu d'extension du gisement me porte à croire que *Dodecaceria* est établie récemment en ce point, alors qu'elle doit être commune, à quelque distance du rivage,

(1) Séance du 26 décembre 1923.

(2) Caullery et Mesnil, *Les formes épitoques et l'évolution des Cirratuliens* (*Annales Univ. Lyon*, 1898).

sur des fonds rocheux, que la drague ne peut explorer efficacement, pour la raison que cette espèce vit dans des endroits très abrités.

J'eus toujours affaire à la forme B^1 atoque de Caullery et Mesnil. Deux individus seulement étaient épitoques (forme B^2), et je n'ai pas observé A et C. En revanche un grand nombre des individus B^1 (50 pour 100 environ) m'ont présenté le plus vif intérêt : ils se trouvaient en pleine reproduction asexuée.

Les animaux qui vont se multiplier de la sorte sont cylindriques et leur cavité cœlomique est déjà complètement remplie d'éléments chargés de grains acidophiles, d'ailleurs très avides d'hématoxyline. Bientôt les métamères de la région moyenne s'hypertrophient, deviennent sphériques; les sillons intersegmentaires s'approfondissent de plus en plus, et toute cette région prend un aspect moniliforme accusé. Alors les métamères rebondis ne sont plus au contact que par des surfaces restreintes, puis ils se séparent. Comme l'animal est immobile dans sa galerie, ils demeurent disposés dans leur ordre naturel. C'est une sorte de résolution sur place de la chaîne métamérisée; et les métamères globuleux, indépendants, pourraient être pris pour des pontes vert brunâtre déposées avec régularité.

Ce travail de dislocation est, en réalité, le résultat d'un bourgeonnement intense intersegmentaire. Mais c'est surtout par la suite que la faculté bourgeonnante se montre active. En effet, le tissu cicatriciel à la face avant et à la face arrière de chaque métamère donne bientôt naissance à deux courtes languettes, qui sont les toutes premières ébauches des moitiés antérieure et postérieure d'une future *Dodecaceria*. Ces languettes grandissent en se métamérisant, mais demeurent longtemps étroites; de sorte que le gros métamère simule le volumineux abdomen d'un petit être affublé d'un cou et d'une queue également grêles. Au fur et à mesure que de nouveaux segments se constituent, une petite partie des cellules acidophiles qui bourrent le métamère régénérateur passent à leur intérieur. En somme, chaque métamère reproduit la forme adulte.

Les animaux qui deviennent moniliformes ne sont pas sans présenter une certaine ressemblance avec la forme C^2 de Caullery et Mesnil, au corps fragile, boursouflé dans la région moyenne. Mais C^2 est épitoque, renferme des ovules et s'éloigne ainsi beaucoup du type asexué en voie de dissociation.

Enfin, l'émiettement métamérique ne se fait pas que chez des exemplaires de grande taille; j'en ai rencontré de grêles, jeunes à coup sûr, qui montraient aussi cette propriété.

C'est la première fois à ma connaissance que des faits semblables sont

décrits chez *Dodecaceria ;* en effet, l'espèce étudiée par les deux auteurs français dans leur beau travail de 1898 ne possède pas ce genre de reproduction; mais ces faits ne sont pas isolés chez les polychètes. *Ctenodrilus serratus* présente des phénomènes identiques et plus d'une figure de Zeppelin (¹) pourrait servir à l'illustration de cette Note. Toutefois chez *Dodecaceria*, l'émiettement des métamères est plus absolu et l'on en voit rarement deux demeurer accolés pour former un seul individu. De son côté, *Procerastea Halleziana* Malaq. (²) a la propriété de se décomposer en fragments de 3 ou 4 métamères, lesquels fragments régénèrent une partie antérieure et une postérieure. Remarquons que les fragments ne sont jamais formés d'un seul métamère, mais de trois au minimum, et, à cet égard, l'exemple fourni par ce Syllidien est moins frappant. Il y a fragmentation du corps et non émiettement métamérique. C'est seulement lorsqu'on provoque expérimentalement la fragmentation que le nombre des métamères par fragments peut s'abaisser à deux.

Je me propose d'étudier prochainement du point de vue histologique les phénomènes de dislocation et ceux de régénération.

Le genre *Dodecaceria*, déjà particulièrement intéressant par son polymorphisme et les phénomènes d'épitoquie, de parthénogenèse et de viviparité, le devient encore plus par la connaissance de sa faculté de cténodrilisation. Peu d'animaux offrent autant de variété dans leurs façons d'être et de se reproduire.

L'existence chez *Dodecaceria* de phénomènes de reproduction asexuée, si ressemblants à ceux de *Ctenodrilus*, me semble être un argument de valeur à ajouter à tous ceux d'après lesquels Mesnil et Caullery (³) ont proposé de ranger *Ctenodrilus*, si ballotté dans les classifications, parmi les Cirratuliens, non loin de *Dodecaceria*.

(¹) Zeppelin, *Zeitsch. f. w. Zoolog.*, *t.* 39, 1883.
(²) E. J. Allen, *Phil. Trans. R. Soc. London*, vol. 211, 1921.
(³) *Comptes rendus*, t. 125, 1897, et *loc. cit.*, 1898.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *La dépense de fond dans le diabète pancréatique expérimental d'après les échanges gazeux. Action de l'insuline sur cette dépense.* Note [1] de **M. L. Hédon**, présentée par M. H. Vincent.

Chez le chien diabétique par extirpation totale du pancréas, la dépense de fond est supérieure à la normale dans une proportion qui varie, suivant les sujets, de 30 à 40 pour 100.

Cette notion a été établie en opérant sur des animaux adultes de petite taille, et en comparant la dépense de chaque animal sous trois états : 1° normal; 2° non diabétique après dépancréatation incomplète, un fragment de la glande ayant été transplanté sous la peau de l'abdomen; 3° diabétique, après complément de la dépancréatation par extirpation du greffon sous-cutané.

La dépense fut calculée d'après les échanges gazeux respiratoires et l'excrétion urinaire. Les échanges gazeux étaient estimés par une technique (selon Haldane) où toutes les valeurs sont obtenues par des pesées, et dans un très grand nombre d'épreuves, dont chacune durait au moins 6 heures.

Chez le chien normal de 5 à 6^{kg}, placé dans les conditions de repos, jeûne et neutralité thermique nécessaires pour évaluer la dépense dite *de fond* (ou métabolisme basal), les échanges gazeux s'abaissent à un minimum très constant exprimé par les chiffres suivants, moyenne d'une centaine de déterminations (les écarts individuels de la moyenne sont faibles). Par kilogramme corporel et par heure (en volume à 0° et 760^{mm}) : CO^2 exhalé, 383^{cm^3}; O^2 consommé, 510^{cm^3}; quotient respiratoire, 0,75.

D'après ces chiffres et la quantité d'albumine détruite (azote urinaire), la dépense exprimée en calories est de $2^{cal},39$ par kilo-heure.

Chez l'animal diabétique, après pancréatectomie totale, la dépense de fond est toujours notablement plus élevée et se maintient à un taux supérieur à la normale pendant toute la durée de la survie, jusqu'à la période cachectique ultime. Ce fait est particulièrement frappant lorsque l'animal dépancréaté, sauf un fragment de glande déplacé sous la peau, présente encore, dans ces conditions, une dépense normale; on voit alors celle-ci augmenter nettement aussitôt que le greffon sous-cutané est extirpé. Par exemple, dans un cas, on eut par kilogramme corporel et par heure :

---

(1) Séance du 26 décembre 1923.

	CO^2.	O^2.	Q. R.	Calories.
	cm³	cm³		
Avant l'extirpation du greffon.............	382	515	0,74	2,41
	375	488	0,76	2,29
Après l'extirpation : premier jour..........	448	591	0,75	2,74
» deuxième jour.........	432	600	0,72	2,77
» troisième jour.........	507	700	0,72	3,26

Comme la glycosurie n'apparaît qu'après l'extirpation du greffon, on serait tenté d'attribuer l'élévation des échanges au trouble du métabolisme des hydrates de carbone ainsi provoqué. Mais une telle interprétation serait sans doute erronée ou au moins insuffisante. Car chez plusieurs animaux dépancréatés, porteurs d'une greffe sous-cutanée, et non glycosuriques, il y eut déjà, avant l'extirpation du greffon, une forte élévation des échanges, et, dans ces cas, le déclanchement de la glycosurie par l'extirpation du greffon ne produisit pas un nouveau surcroît de la dépense. L'augmentation de la dépense après la suppression de la fonction pancréatique relève, pensons-nous, d'une cause autre que celle qui se rapporte à la glycosurie.

D'autre part, que devient la dépense de fond lorsqu'on supprime la glycosurie d'un chien diabétique par une injection d'insuline?

Chez un chien totalement dépancréaté, on avait le troisième jour de son diabète, par kilogramme corporel et par heure :

CO^2 exhalé, 488^{cm^3}; O^2 consommé, 657^{cm^3}; Quotient respiratoire, 0,74.

Une injection sous-cutanée d'insuline supprima radicalement la glycosurie et abaissa le sucre du sang de 3 à 0,5 pour 1000 en quelques heures. Pendant que se produisait cette puissante action hypoglycémiante, les échanges gazeux donnèrent :

$CO^2 = 536^{cm^3}$; $O^2 = 701^{cm^3}$; Q. R. = 0,76.

Même résultat le lendemain et le jour suivant, l'animal étant maintenu sous l'action de l'insuline (sauf léger fléchissement de la consommation de O^2, et élévation du Q. R. à 0,8).

La suppression de la glycosurie par l'insuline ne ramena donc pas les échanges gazeux à un taux normal. La perte de poids de l'animal qui était de 100^g par jour ne fut d'ailleurs pas iufluencée, non plus que l'excrétion de l'azote qui, chez l'animal diabétique, dans les conditions de la dépense de fond, est environ le double de la normale.

On ne peut douter, cependant, que l'insuline n'ait exercé une action dans le sens d'un retour aux conditions normales, pour ce qui concerne le métabolisme du sucre, car, outre son effet sur la glycémie, elle amena le dépôt

d'une notable quantité de glycogène dans le foie. L'élévation du Q. R. est peut-être aussi l'indice de la combustion d'une certaine quantité de sucre.

L'accroissement de la dépense de fond après la pancréatectomie totale doit donc dépendre d'une augmentation de la consommation des protéiques et des graisses du corps, indépendante, jusqu'à un certain point, du trouble du métabolisme des hydrates de carbone.

PATHOLOGIE. — *Diphtérie aviaire et épithélioma contagieux (Étude expérimentale).* Note [1] de MM. **L. Panisset** et **J. Verge**, présentée par M. E. Leclainche.

Dans une Note précédente [2], nous avons montré que l'inoculation à des oiseaux neufs, par la voie veineuse, du virus de l'épithélioma contagieux détermine la localisation du « germe », non seulement sur le segment cutané de l'ectoderme (crête, barbillons et souvent peau), mais aussi sur le segment bucco-pharyngé et le segment invaginé (cerveau) de cet ectoderme.

A l'exanthème épithéliomateux correspondrait, suivant la formule de Levaditi, un énanthème épithéliomateux. La présence du virus dans la salive ne serait que la conséquence de l'énanthème.

Ces faits rapprochent la variole aviaire de plusieurs autres maladies à virus filtrants, que Levaditi classe dans les *ectodermoses neurotropes*.

Ces ultra-virus ont d'abord la propriété commune de traverser certains filtres. Marx et Sticker, Burnet ont reconnu ce fait depuis longtemps en ce qui concerne le virus de l'épithélioma contagieux; cependant il n'en va point toujours ainsi et nombreux sont les expérimentateurs qui ont échoué dans leurs essais de filtration.

Staub et Truche disent « n'avoir pas réussi à reproduire la maladie après filtration d'une fine émulsion de croûtes sur bougie Chamberland L 2 ». Nous nous sommes heurtés aux mêmes difficultés : la filtration extemporanée, au moyen d'une poire de caoutchouc, sur bougie Chamberland L 3, d'une émulsion pleinement virulente de nodules et de croûtes varioliques ne nous a donné que des résultats négatifs. Les oiseaux, inoculés par différentes voies avec le filtrat, n'ont présenté aucune lésion et n'étaient point vaccinés à l'égard d'une scarification témoin suivie d'un badigeonnage infectant.

---

(1) Séance du 26 décembre 1923.

(2) Panisset et Verge, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1249.

D'où provient cette difficulté dans la filtration de l'ultra-virus épithéliomateux ? Il est évident que l'émulsion virulente, telle que nous l'employons (crête variolique couverte de croûtes et broyée très finement dans cent fois son poids de sérum physiologique stérile) est un produit impur, renfermant — à côté de l'agent spécifique, invisible et filtrable, de la diphtérie aviaire — de nombreux éléments microbiens et cellulaires.

Ces particules étrangères, plus ou moins volumineuses, que les bougies retiennent, adsorbent le virus spécifique et inhibent sa filtration (¹).

L'action de la glycérine est particulièrement intéressante à étudier, étant données les analogies nombreuses que présentent les ultra-virus des *ectodermoses neurotropes*.

Burnet rapporte que la dilution glycérinée s'est montrée active après 120 jours. En ce qui nous concerne, le virus glycériné (parties égales d'émulsion de nodules en sérum physiologique et de glycérine pure à 30°) s'est révélé avirulent après 78 jours de contact à la température du laboratoire. De plus, les oiseaux ainsi inoculés n'avaient point acquis l'immunité.

Un autre fait, des plus importants, est la constitution d'un état réfractaire dans la diphtérie aviaire. Le virus épithéliomateux est capable, sous certaines conditions, de déterminer une immunité locale des tissus, de l'ectoderme en particulier : *la cuti-vaccination* entraîne une *cuti-immunité*, qui s'étend à tout l'organisme et semble indépendante de l'action bactéricide des humeurs. A l'heure actuelle, il nous est encore permis de souscrire à ces conclusions de Burnet : « L'immunité dans l'épithélioma contagieux rappelle de très près l'immunité vaccinale ; elle ne définit pas davantage la nature du virus. »

PATHOLOGIE ANIMALE. — *Recherches expérimentales et anatomo-pathologiques sur l'encéphalite enzootique du Cheval* (*Maladie de Borna*). Note (²) de MM. **Léon Marchand** et **Raymond Moussu**, présentée par M. H. Vincent.

L'encéphalite enzootique du cheval, décrite surtout à l'étranger sous le nom de « Maladie de Borna », du nom d'une région où elle a sévi particulièrement, était très mal connue en France il y a encore quelques années. Pendant et depuis la guerre, des cas multiples ont été observés en France,

(¹) Vallée et Carré, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 185.

(²) Séance du 26 décembre 1923.

et dans d'autres pays d'Europe, à la suite, vraisemblablement, des importations de chevaux américains.

En raison de certaines analogies avec l'encéphalite épidémique humaine, il nous a paru intéressant de faire de cette maladie une étude expérimentale et anatomo-pathologique, dont voici le résumé.

1° *Recherches expérimentales.* — Nous avons employé les inoculations dans la chambre antérieure de l'œil. L'injection au lapin d'une émulsion d'encéphale d'un cheval mort d'encéphalite enzootique nous a montré que le virus est transmissible à cet animal et provoque une affection qui se termine par la mort en quelques jours (de 4 à 15).

On peut avec ce virus réaliser des passages en série et obtenir un virus fixe. L'infection du lapin n'est pas constante (2 cas positifs sur 8); par contre avec l'encéphale du lapin atteint de maladie expérimentale, on réalise dans tous les cas l'infection du lapin.

Les passages sur lapin exaltent l'activité du virus.

L'inoculation, dans la chambre antérieure de l'œil du cheval, d'un virus fixe provenant du lapin, détermine, après trois jours d'incubation, une encéphalite mortelle identique à la maladie naturelle.

Le filtrat sur bougie Berkefeld d'une émulsion de moelle du lapin virulente, inoculé au lapin, se comporte comme l'émulsion non filtrée, ce qui prouve que le virus appartient au groupe des virus filtrants.

Le chauffage à 60°-70° pendant une heure détruit l'activité du virus. L'agent de l'encéphalite enzootique conserve sa virulence dans la glycérine pure pendant au moins 18 jours. Chez le cheval l'ingestion de matière virulente et l'injection sous-cutanée ne nous ont pas permis de reproduire la maladie.

Le lapin et le rat résistent à l'inoculation sous-cutanée de virus fixe. L'injection du même virus au niveau d'un nerf périphérique chez le lapin est restée sans résultat.

2° *Recherches anatomo-pathologiques.* — L'encéphalite enzootique du cheval est caractérisée anatomiquement par des lésions portant principalement sur les cellules nerveuses et les capillaires; les méninges sont peu touchées. Les cellules nerveuses, principalement les cellules des couches profondes du cortex, sont entourées de cellules embryonnaires disposées parfois en couronne. Elles présentent, en outre, des lésions observées habituellement au cours des toxi-infections. Les lésions des capillaires consistent en périvascularite, sans aucune trace d'endartérite. Les lésions congestives méritent une attention particulière; on peut observer des suffusions

sanguines dans les différentes régions de l'encéphale et surtout dans le bulbe, localisations qui expliquent la mort foudroyante dans certains cas. Les lésions cérébelleuses sont moins accusées que les lésions cérébrales. La recherche des bactéries et des inclusions cellulaires est restée négative.

Les mêmes lésions ont été observées chez un cheval qui avait subi l'inoculation dans la chambre antérieure de l'œil d'un virus fixe provenant du lapin : même prolifération des cellules satellites des cellules pyramidales, même périvascularite sans endartérite; absence d'éléments microbiens et d'inclusions cellulaires; hémorragies miliaires nombreuses dont certaines sont localisées dans le plancher du quatrième ventricule.

L'examen des centres nerveux de lapins qui avaient reçu dans la chambre antérieure de l'œil une émulsion d'encéphale d'un cheval mort d'encéphalite enzootique a décelé des lésions particulières.

Chez les animaux morts rapidement, les lésions sont celles d'une méningo-encéphalite aiguë avec prédominance des altérations au niveau de la pie-mère qui est infiltrée de cellules embryonnaires pour la plupart remplies de granulations éosinophiles. Les cellules pyramidales sont très altérées. Les lésions du cervelet sont les mêmes que celles du cerveau.

Chez les sujets morts tardivement après l'inoculation, on note des lésions de méningo-encéphalite subaiguë prédominant dans les régions antérieures du cerveau, principalement dans les lobes olfactifs. Les lésions cérébelleuses sont peu accusées et ne consistent qu'en foyers de périvascularite situés dans la substance blanche cérébelleuse.

Dans aucun cas, nous n'avons pu déceler la présence de bactéries ou d'inclusions cellulaires.

3° *Pathologie comparée.* — L'encéphalite enzootique du cheval présente des points de similitude avec l'encéphalite épidémique de l'homme. Cependant, on ne peut affirmer, d'après nos recherches, qu'il s'agit d'une même maladie produite par le même virus. Toutefois, les deux virus semblent être très voisins puisque tous deux sont filtrants, neurotropes, se propagent dans le tissu nerveux en cheminant autour des parois des petits vaisseaux. Tous deux déterminent chez le lapin une méningite aiguë à mononucléaires.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Bacille tuberculeux et excipient irrésorbable.* Note (¹) de M. **H. Vallée**, présentée par M. E. Roux.

Quoique bien peu fouillée, l'étude de l'immunité contre la tuberculose s'est cependant enrichie en ces dernières années de notions d'un précieux intérêt.

Ce n'est plus avec indifférence que l'on considère les manifestations d'intolérance de l'organisme tuberculisé à l'égard des produits bacillaires, manifestations mises en évidence, en 1891, sous le nom de phénomène de Koch, par ce bactériologiste.

En 1906, étudiant la vaccination antituberculeuse de Behring, je montrais avec H. Rossignol (²) qu'une infection tuberculeuse préexistante confère, à l'organisme des bovidés, une résistance marquée à une réinfection grave et nous ajoutions que « c'est en somme cette même constatation qui était relevée sur nos animaux vaccinés puis éprouvés par voie veineuse ».

Des faits du même ordre étaient beaucoup plus largement constatés par MM. Calmette et Guérin en 1907 et 1908 et leur étude reprise, à ma demande, par G. Finzi, dans mon laboratoire (³).

Résumant, en 1911, l'ensemble de ces données et des faits enregistrés, soit par divers savants durant leurs recherches sur la vaccination antituberculeuse des bovidés, soit par moi-même au cours de travaux sur cette question, j'écrivais, reprenant en cela ma conclusion précitée, « qu'il paraît légitime d'admettre que c'est à une inaptitude à la réinoculation qu'il convient de rattacher la résistance plus ou moins nette qu'offrent à l'infection expérimentale ou naturelle les bovidés qui ont fait l'objet d'essais de vaccination selon certains procédés, le vaccin représentant ici un véritable agent d'infection latente ».

La résistance conférée disparaissant alors qu'est totale l'élimination du vaccin antituberculeux choisi, j'ajoutais que mes tentatives se poursuivraient dorénavant en recherchant « si le vaccin le plus favorable prati-

---

(¹) Séance du 26 décembre 1923.

(²) H. Rossignol et H. Vallée, *Bulletin de la Société de Médecine vétérinaire pratique*, 1906, p. 39.

(³) Calmette et Guérin, *Annales de l'Institut Pasteur*, juillet 1907 et septembre 1908. — G. Finzi, *Recueil de Médecine vétérinaire*, 28 février 1911.

quement ne serait pas celui qui offrirait, avec les garanties nécessaires d'innocuité, la plus grande lenteur de résorption » (¹).

La présente Note a pour objet essentiel l'étude comparée de l'élimination d'un même bacille tuberculeux, utilisable comme vaccin, selon ses diverses conditions d'inoculation.

La culture utilisée au titre vaccinal dans mes recherches, depuis vingt années, est celle d'un bacille d'origine équine provenant des collections de l'Institut Pasteur et dont la virulence s'est à ce point dégradée que seules des doses d'au moins 1^{mg} sont susceptibles d'effets pathogènes pour le cobaye.

Diverses séries de jeunes bovins ont été inoculées sous la peau de l'encolure avec des doses de 10^{mg} à 50^{mg} de ce germe, émulsionnées soit dans un excipient éminemment résorbable, l'eau physiologique, soit dans un excipient irrésorbable, représenté par une suspension, de grès porphyrisé, ou de talc, dans de l'huile de vaseline.

Vingt-trois bovins inoculés, soit une fois, soit deux, avec des quantités de 10^{mg} ou de 10 et 50^{mg} de bacilles en émulsion aqueuse, avaient totalement éliminé leurs microbes trois mois après l'unique ou dernière inoculation dont ils avaient été l'objet. Quatorze autres, inoculés dans les mêmes conditions, soumis six mois plus tard à une épreuve virulente soit par cohabitation avec des tuberculeux, soit par inoculation intraveineuse de bacilles virulents, s'infectent comme les témoins, les bacilles utilisés comme vaccins étant résorbés dès le moment de l'épreuve de l'immunité.

Tout au contraire, onze bovins inoculés avec des doses de 20^{mg} du même bacille en excipient irrésorbable (2^{cm^3}) conservent encore après deux ou trois ans, au siège même de l'inoculation, les bacilles inoculés. Ceux-ci ont proliféré au sein d'une lésion fibro-caséeuse purement locale, sans tendance aucune à la généralisation. Le simple examen de cette lésion conduit à cette conviction qu'elle ne peut faire l'objet d'une résorption même très tardive. Le bacille utilisé de la sorte au titre vaccinal semble devoir être fixé sur place pour toute la durée de la vie économique de l'animal porteur de la lésion de vaccination.

Du fait des événements, une première série de six animaux ainsi traités depuis 3 années dut être sacrifiée en août 1914 sans qu'il me fût possible

---

(¹) *Rapport sur les travaux entrepris en* 1911 *à la faveur des subventions de la Caisse des Recherches scientifiques* (brochure, Melun, 1912, p. 515).

d'éprouver l'énergie de la résistance conférée par cette tentative de vaccination. Tous avaient intégralement conservé leur masse vaccinale.

Une seconde série de cinq sujets inoculés depuis témoigne, deux années après son inoculation vaccinante, d'une résistance complète à une épreuve virulente par voie veineuse, mortelle ou d'une extrême gravité pour les témoins. Aucune lésion n'apparaît chez les animaux prémunis, à l'heure où depuis plus d'un an la résistance conférée par tous les modes connus de vaccination antituberculeuse a déjà disparu. Seuls, ici comme ailleurs, voire même chez les animaux tuberculeux qui font l'objet de tentatives de réinfection, quelques ganglions, cependant indemnes en apparence, recèlent des bacilles virulents.

Sans qu'il soit en rien permis de conclure à l'efficacité d'un tel moyen au regard de la contagion naturelle, les expériences qui viennent d'être rapportées confirment pleinement les hypothèses rappelées au début de cette Note et autorisent l'expérimentation de la méthode au dehors du laboratoire. Elles révèlent aussi l'intérêt qui s'attache à l'étude des inoculations en excipients irrésorbables, étude que je poursuis avec MM. L. Bazy et Rinjard tant en ce qui regarde l'évolution des infections ralenties et leur valeur immunisante, que l'analyse de l'adaptation ou de la réadaptation au parasitisme d'espèces non pathogènes.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Le microbe de l'avortement épizootique* (B. abortus) *vaccine l'homme et le singe contre le microbe de la fièvre méditerranéenne* (M. melitensis). Note (¹) de M. **Ét. Burnet**, présentée par M. Roux.

Cinq expériences précédentes (²) ont établi que le *B. abortus* n'est pas pathogène pour l'espèce humaine, et donné l'espoir d'une utilisation possible de ce microbe pour la vaccination préventive contre la fièvre méditerranéenne.

Cette innocuité du *B. abortus* pour notre espèce nous a permis de répéter l'expérience sur deux hommes de bonne volonté, qui ont consenti, de plus,

---

(¹) Séance du 26 décembre 1923.

(²) Ch. Nicolle, Ét. Burnet et E. Conseil, *Le microbe de l'avortement épizootique se distingue de celui de la fièvre méditerranéenne par l'absence de pouvoir pathogène pour l'homme* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1034).

à recevoir, à la suite du *B. abortus*, l'inoculation de *M. melitensis*. Nous avons fait parallèlement la même expérience sur deux singes.

Dans ces expériences, nous avons employé les mêmes échantillons de *B. abortus* que dans les expériences antérieures : ils proviennent de la collection de l'Institut Lister. Il s'agit donc de cultures de laboratoire; c'est une remarque qu'il convenait de faire. Les inoculations ont été faites avec le P (origine porcine). Le *M. melitensis* employé est un microbe isolé de la chèvre, et dont la virulence a été prouvée par de nombreuses expériences et quelques contaminations de laboratoire. Le pouvoir agglutinant du sérum de nos sujets a toujours été recherché simultanément sur ces trois microbes, *melitensis* et *abortus* P et V.

Singe 1. — *Macacus cynomolgus*. Pouvoir agglutinant du sérum (P. A.), avant l'expérience, nul. Ce singe reçoit sous la peau 800 millions de *B. abortus* P chauffés une demi-heure à 60°. Pendant les 20 jours qui suivent, le P. A. reste nul. Le 20e jour, inoculation sous-cutanée de 200 millions de *B. abortus vivants :* aucun pouvoir agglutinant ne se développe.

Le 40e jour, inoculation sous-cutanée de 350 millions de *M. melitensis* vivants (mélange de 6 races, 4 caprines et 2 humaines, toutes récemment isolées). 20 jours après cette inoculation d'épreuve, hémoculture négative. Actuellement, le singe est vivant et bien portant; sa température a toujours été normale; le pouvoir agglutinant a toujours été nul.

Singe 2. — *Macacus nemestrinus*. P. A. nul. Inoculation sous-cutanée de 300 millions de *B. abortus* P vivants; les 3e, 5e, 7e, 9e, 11e jours, ingestion de chaque fois $\frac{1}{3}$ d'une culture ordinaire, sur gélose inclinée, du même microbe. Pendant ces dix jours, la température s'est élevée de 1° environ : c'est la seule manifestation fébrile que ce singe ait présentée. Les 60e et 145e jours, hémocultures négatives. Le P. A., recherché tous les quinze jours, s'est élevé au deuxième mois à 4500 sur le microbe inoculé, à 3000 sur le *melitensis*, pour descendre progressivement à 60-80 au cinquième mois.

170 jours après la première inoculation, inoculation d'épreuve (sous-cutanée) de 300 millions de *M. melitensis*. A la suite, pas d'élévation de température, aucun trouble, hémocultures négatives (17e et 125e jours après la réinoculation). Le P. A. s'est élevé à 500 pour descendre enfin à 150. Actuellement, l'animal est vivant et bien portant.

Sujet 1 (adulte, 40 ans). — Inoculation sous-cutanée de 900 millions de *B. abortus* P vivants. Au cours des sept mois suivants, ce sujet n'a jamais eu de fièvre ni présenté aucun trouble; 7 hémocultures (une chaque mois) sont restées négatives. A partir du 2e mois, le P. A. s'est maintenu vers 200, à peu de chose près. Le 6e mois, intradermo-réaction positive. Le 217e jour, deuxième inoculation sous-cutanée de 200 millions de *B. abortus* P vivants; cette inoculation est restée inoffensive, comme la précédente : pas d'élévation de température; hémoculture négative (60e jour).

48 jours après la deuxième inoculation de *B. abortus* P, inoculation sous-cutanée

de 300 millions de *M. melitensis* vivants ; cette inoculation n'a causé dans les trois mois suivants (jusqu'aujourd'hui) aucune élévation de température, aucun trouble. Deux hémocultures négatives (dans le premier mois après l'épreuve). Le P. A. s'est élevé à 600 (sur le *melitensis*) et 800 (sur les *abortus*), pour descendre ensuite, après 3 mois, à 100 et 200. Actuellement, au 12e mois de l'expérience, 3 mois après l'inoculation d'épreuve, ce sujet est bien portant. Intradermo-réaction, faiblement positive.

Sujet 2 (adulte, 30 ans). — P. A.: nul. Inoculation sous-cutanée de 400 millions de *B. abortus* P vivants. Les 10e, 23e, 35e, 80e jours, hémocultures négatives; pendant les 5 mois qui suivent, pas d'élévation de température. Le P. A. s'élève à 150 (23e jour), à 700 (*melitensis*) et 900 (*abortus*) le 25e jour, à 1100-1700 (3e mois), et descend à 1200 (4e mois). Intradermo-réaction positive le 60e jour.

Le 110e jour, inoculation sous-cutanée de 300 millions de *M. melitensis* vivants ; immédiatement après, et sans l'incubation qui est constante dans la fièvre méditerranéenne, la température s'élève (maximum : 38°,2) et la courbe décrit deux ondes légères d'une durée de 9-15 jours ; mais on n'observe pas d'ature symptôme ; de plus, deux hémocultures restent négatives ; et l'inoculation a causé un abcès local, douloureux, dont l'évacuation (pus stérile) a été suivie du retour à la normale. Le P. A. s'élève à 1000 (150e jour), puis descend (182e jour) à 400 (sur le *melitensis*) et 800 sur les *abortus*), et un mois après à 50. Actuellement, au 10e mois de l'expérience et 6 mois après l'inoculation d'épreuve, le sujet est tout à fait normal, et l'intradermo-réaction est négative.

En résumé, le premier singe n'a réagi d'aucune manière, ni au *B. abortus*, ni au *M. melitensis*. Le second singe n'a réagi aux deux inoculations que par la production d'agglutinines. Les deux sujets humains ont réagi au *B. abortus*, puis au *M. melitensis*, par la production agglutinine. Chez le sujet 2, l'inoculation d'épreuve par *M. melitensis*, a déterminé un abcès local, stérile, accompagné de deux légères ondes fébriles apparues sans incubation.

Ces expériences, 1° confirment que le *B. abortus* n'est pas pathogène pour l'Homme et pour le Singe ; 2° établissent que les cultures vivantes de ce microbe vaccinent l'Homme et le Singe contre la fièvre méditerranéenne.

La séance est levée à 16h10m.

É. P.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 JANVIER 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Wickliffe Rose**, qui assiste à la séance.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur des polynomes qui se rattachent aux intégrales eulériennes.* Note (¹) de M. **Paul Appell.**

Si l'on pose, en désignant par n un entier positif,

$$(1) \qquad R_n(x) = \alpha \int_0^\infty e^{-\alpha t} (\log t)^n \, dt \qquad (\alpha = e^x, \ x \text{ réel}, \ \alpha > 0),$$

$R_n(x)$ est un polynome en x, de degré n, qui vérifie la relation

$$(2) \qquad \frac{dR_n}{dx} = -n R_{n-1};$$

c'est ce qu'on voit, en appliquant la méthode que j'ai donnée dans un Mémoire inséré au Tome 9 de la deuxième série des *Annales de l'École Normale supérieure*. D'après ce Mémoire, on doit avoir

$$\sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{h^n}{1.2\ldots n} R_n(x) = e^{-hx} f(h),$$

(¹) Séance du 2 janvier 1924.

ce qui se vérifie facilement, $f(h)$ étant égal à $\Gamma(h+1)$. On a donc, d'après l'expression classique

$$\Gamma(h+1) = e^{-hC+\frac{1}{2}S_2h^2-\frac{1}{3}S_3h^3+\frac{1}{4}S_4h^4-\ldots},$$

$$(3) \qquad \sum \frac{h^n}{1.2\ldots n} R_n(x) = e^{-h(C+x)+} e^{\frac{1}{2}S_2h^2-\frac{1}{3}S_3h^3+\frac{1}{4}S_4h^4-\ldots},$$

relation qui montre que $R_n(x)$ contient x par la seule combinaison $C+x$ et que $R_n(x) = P_n(C+x)$, P_n désignant le polynome défini dans ma Note du 3 décembre 1923. Faisant $x=0$,

$$\sum \frac{h^n}{1.2\ldots n} P_n(C) = e^{-hC} e^{\frac{1}{2}S_2h^2-\frac{1}{3}S_3h^3+\frac{1}{4}S_4h^4-\ldots}.$$

Les polynomes $R_n(x)$ ont le moindre nombre possible de racines réelles, à savoir 0 si n est pair, 1 si n est impair. En effet, si n est pair, la formule (1) montre que $R_n(x)$ est positif quel que soit x, et, si n est impair, la formule (2) montre que $R_n(x)$ a, au plus, une racine réelle.

BOTANIQUE. — *Remarques sur les relations des arbres avec les Champignons souterrains*. Note de M. **J. Costantin**.

A la suite d'une mise au point de nos connaissances sur les relations des racines de Conifères avec les Champignons [1], il y a lieu d'envisager un autre problème qui paraît extrêmement complexe, celui des connexions qui peuvent exister entre les racines des *Quercus* et les Tubéracées.

Une grande découverte agricole se trouve liée à cette question, celle qui a permis à la trufficulture de prendre un essor prodigieux, à la suite d'une observation dont l'explication est encore à trouver. Elle a été faite accidentellement, semble-t-il, par de Montclar, conseiller au parlement d'Aix-en-Provence, dans sa terre de Bourgane, près de Saint-Saturnin-les-Apt (entre 1750 et 1780) : il s'était fait envoyer des glands de Chênes de Malte et il récolta, dix ans après, à sa grande surprise, de nombreuses et bonnes Truffes. Cette constatation aurait pu rester inféconde sans la sagacité d'un cultivateur de Saint-Saturnin-les-Apt qui, ayant eu connaissance du fait précédent, tira de cette remarque une technique agricole (1802-1810). Ce procédé empirique incompréhensible de Talon qui consiste à semer des Chênes, est entré dans la pratique en grand en Vaucluse, Basses-Alpes, Poitou, Périgord, etc. C'est ainsi qu'est née et

(1) Costantin, *La vie mystérieuse des Champignons. Mise au point du problème des mycorhizes de Conifères* (*Revue scientifique*, n° 23, 8 décembre 1923, p. 733, 8 photogravures).

qu'a pu se développer une des industries les plus originales de notre pays, grâce à cet axiome que formulait plus tard le comte de Gasparin : « Si voulez des Truffes, plantez des Chênes (1).

Une observation faite par Léveillé, mycologue éminent, semblait en contradiction avec les résultats de cette immense expérience en grand (2) : il affirmait avoir trouvé des Truffes dans un terrain dépourvu d'arbres. La même opinion a été soutenue par d'autres auteurs [Léon Dufour, Henri Bonnet, Balansa (3)].

Néanmoins tous les praticiens expérimentés, tous les rabassiers affirment n'avoir jamais constaté la présence d'aucun *Tuber* en dehors des couverts d'arbres. On sait d'ailleurs que ces arbres sont très variés (4); si les Chênes sont employés le plus souvent, on a trouvé la Truffe sous un très grand nombre d'autres essences, et cette remarque enlève au Chêne son caractère de nécessité. Sans vouloir nier l'exactitude de l'observation de Léveillé, Chatin, de Ferry de la Bellone, etc. la considèrent comme négligeable.

Cependant, quand Matruchot (5) entreprit la culture aseptique des *Tuber melanosporum* et *uncinatum*, il arriva à formuler cette opinion que la plante peut vivre au début en saprophyte. Il obtint dans ses recherches des sclérotes qu'il envisagea comme des ébauches de périthèces, mais restant toujours stériles. Il en concluait que l'arbre devait être nécessaire pour l'achèvement de l'évolution du Champignon et la formation des spores.

J'ai fait quelques essais de culture en milieu stérilisé qui modifient la précédente opinion; ils ont porté, non pas sur les deux espèces qui viennent d'être nommées, mais sur le *Tuber brumale* (6) et j'ai pu obtenir dans une

(1) Voir Agénor de Gasparin, *Trufficulture* (*Journal d'Agriculture pratique*, 1856). — de Ferry de la Bellone, *La Truffe*, 1888. — Ad. Chatin, *La Truffe*, 1892, etc.

(2) Léveillé, *Ann. Sc. nat.*, 1843; *Dict. d'Orbigny*, article *Truffe et Tubéracées*.

(3) Chatin, *loc. cit.*, p. 97. — Dufour, *Insectes tubérivores* (*Ann. Sc. nat.*, 1839-1840). — Henri Bonnet, *La Truffe*, 1869, et *Journ. Soc. d'Agr. de Vaucluse*, 1889. On cité le cas de Truffes développées dans un tonneau rempli de marc de vendange (Abbé Charvat).

(4) *Quercus pubescens*, *Ilex*, *coccifera*, Noisetier, Pin d'Alep, *Picea excelsa* divers *Juniperus*, *Fagus*, *Carpinus*, *Castanea*, *Betula*, *Populus*, *Platanus*, *Ulmus* *Prunus*, *Persica*, *Cerasus*, etc. La liste que donne Chatin (p. 91-95) est extraordinairement longue.

(5) Matruchot, *Germination des spores de Truffes; culture et caractères du mycelium truffier* (*Comptes rendus*, t. 166, 1903, p. 1099); *Caractères du mycélium truffier* (*Ibid.*, t. 166, 1903); *Sur la culture artificielle de la Truffe* (*Bull. Soc. mycol.*, t. 19, fasc. 3, 1903).

(6) Je dois la détermination précise de cette espèce à M. Patouillard. Les tubercules m'ont été remis par M. Ed. Plateau, récoltés dans la Crau sur le domaine de la

durée très courte d'un mois environ (récemment des ébauches en 11 jours) des fructifications, très petites il est vrai (1^{mm} à 2^{mm}), mais produisant des asques et des ascospores *adultes*, bien colorées en brun foncé, couvertes de verrues filamenteuses tout à fait semblables aux spores adultes de l'échantillon qui a servi de point de départ. Ces périthèces sont d'abord entourés d'un péridium vert d'eau, vert foncé, vert bleu s'acheminant vers le noir. Ces petites fructifications évoquent les petites truffinelles dont a parlé autrefois Turpin assez théoriquement ([1]), mais que Condamy envoya à Chatin avec le mycélium truffier. En somme, d'après l'observation que j'ai pu faire, l'arbre n'est pas nécessaire pour la maturation des ascospores.

Le mycélium que j'ai obtenu est *blanc*, comme l'ont soutenu Tulasne et Chatin. Il garde cette teinte même au voisinage des fructifications que j'ai pu voir se former. Sur certains milieux il peut devenir brun, au moins partiellement.

Ces petites fructifications, ainsi que le mycélium, sont couvertes primitivement d'un très grand nombre de petites conidies hyalines, unicellulaires, ovales, parfois un peu courbées, qui se disséminent rapidement dans le liquide où on les observe. Elles ont des dimensions variables, notamment de 6^{μ} à 10^{μ} sur 2^{μ} à 3^{μ}. Elles n'ont rien à voir avec les formes conidiennes décrites par M. Boulanger ([2]) sous les noms étonnamment divers d'*Acrostalagmus cinnabarinus*, *Stachylidium*, *Monilia*, *Amblyosporium*. Une pareille multiplicité d'appareils reproducteurs avait paru inadmissible à Matruchot, d'abord parce qu'il n'avait pas vu d'appareil conidien dans ses cultures, ensuite parce que ce polymorphisme déroutait ce mycologue expérimenté.

En somme, je reconnais que j'ai obtenu, comme M. Boulanger (pour une autre espèce de *Tuber*, il est vrai), des fructifications ascosporées.

Cabanasse de Forbin (Bouches-du-Rhône) sous les Chênes verts. C'est seulement au bout de 20 ans que les Truffes ont été découvertes. D'ordinaire il faut attendre 6 à 12 ans pour la première récolte.

([1]) TURPIN, *Mém. du Muséum*, t. 15, 1827, p. 343.

([2]) ÉMILE BOULANGER, pli cacheté déposé à l'Académie des Sciences le 10 décembre 1900, ouvert le 4 mai 1903, publié dans la séance du 11 mai 1903. — *Sur la culture de la Truffe à partir de la spore* (*Bull. Soc. myc. France*, t. 19, 7 mai 1903, p. 36). — *Germination des ascopores de la Truffe*. Rennes, juin 1903. — *Les myceliums truffiers blancs*. Rennes, Oberthur, août 1903. — *La culture artificielle de la Truffe* (*Bull. Soc. myc. France*, t. 20, 2e fasc., 1904). — *Note sur la Truffe* (*Ibid.*, t. 21, 7 décembre 1905). — *Germination de la spore échinulée de la Truffe* (*Ibid.*, t. 22, 1er février 1906).

La forme conidienne dont j'ai constaté la présence, chez le *Tuber brumale*, existe vraisemblablement dans d'autres types; elle a probablement joué un rôle dans la propagation prodigieuse qui s'est faite grâce au Chêne. Peut-être serait-elle en rapport avec l'hypothèse soutenue avec tant d'ardeur par l'abbé Charvat [1] qui attribuait aux feuilles du *Quercus* une importance inexpliquée dans la propagation du Champignon. La description qu'il donne de l'arbre, ayant, après de longues pluies, un aspect enfumé, suggère l'idée de la propagation de conidies par l'air. Ceci semble plus admissible que la propagation par le vent des ascospores.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Manière dont se comporte le* Sterigmatocystis nigra *vis-à-vis de diverses substances sucrées dans des milieux faiblement minéralisés.* Note de M. **Marin Molliard.**

Après avoir constaté que le *Sterigmatocystis nigra*, cultivé sur un milieu contenant du saccharose et dans lequel on réduit l'aliment azoté et les substances minérales au $\frac{1}{25}$ de leur dose optima, déterminait l'oxydation de presque tout le glucose provenant de l'inversion du sucre employé, j'ai tout d'abord recherché quelle était la quantité maxima de glucose qui pouvait être ainsi transformé en présence d'une dose déterminée d'azote et de matières minérales. En offrant au Champignon 14, 21, 28 et 35^{g} de saccharose pour 150^{cm^3} de liquide nutritif on obtient, au bout de 10 jours à 36°, une acidité représentée respectivement par 36,5 — 55,8 — 56 et $57^{cm^3},2$ de liqueur normale; or les acidités théoriques maxima, qui correspondent à la transformation totale du glucose en acide gluconique, sont égales à 38,8 58,2 — 77,6 et 97^{cm^3} N; l'acidité organique ne dépasse donc pas une valeur voisine de 56^{cm^3} N pour un volume de 150^{cm^3} (soit $7^{g},3$ d'acide gluconique pour 100^{cm^3}) et tout le glucose ne se trouve transformé que dans les deux premiers milieux.

On pouvait penser d'autre part que le pouvoir d'oxydation manifesté par le Champignon dans les conditions envisagées pouvait s'étendre à d'autres sucres ou à des alcools polyatomiques et j'ai été amené à comparer à cet

---

(1) Abbé Charvat, *Sur la Truffe* Valréas; 1862. Montélimar, 1863, 1870-1871. Cet auteur soutenait que les germes des Truffes viennent des branches et des feuilles. L'observation de Truffes dans un tonneau s'expliquait, d'après lui, par un liquide s'écoulant des feuilles (c'est l'ancienne théorie de la « pituite des arbres » d'*Encelius*).

égard des cultures effectuées en présence des substances suivantes (le nom de chacune d'elles est suivi de la valeur de l'acidité acquise au bout de 10 jours de culture) :

Substance.	Acidité (cm^3 N).	Substance.	Acidité (cm^3 N).
Maltose...........	2	Galactose..........	0,6
Lactose...........	0	Arabinose..........	0,4
Glucose...........	4	Mannite............	0,15
Lévulose..........	1,2	Glycérine..........	0,5

Tous ces corps étaient fournis à la dose de 14^g par culture et se sont comportés comme alimentaires vis-à-vis de la moisissure, mais on voit que les acidités réalisées sont très faibles et nullement de l'ordre de celles qui sont obtenues à partir du saccharose; elles peuvent d'ailleurs se rapporter à une tout autre cause que la formation directe d'un acide organique à partir de la substance envisagée. Ce n'est qu'avec le glucose que l'acidité a une valeur appréciable et j'ai pu dans ce cas mettre en évidence la production d'une petite quantité d'acide gluconique; mais ici encore elle est loin d'atteindre la valeur qui est réalisée (56^{cm^3} N) en présence d'une quantité de saccharose fournissant le même poids de glucose; ce résultat est assez inattendu.

On pourrait penser que le glucose artificiel offert au *Sterigmatocystis nigra* était moins facilement attaqué que celui qui se trouve dériver immédiatement de l'inversion du saccharose; il se passerait alors quelque chose d'analogue à ce que Fernbach et Schœn [1] ont constaté à propos d'une bactérie anaérobie qui donne avec le saccharose une lévulosane, celle-ci ne se produisant par contre ni avec le glucose seul, ni avec le lévulose seul, ni avec un mélange équimoléculaire des deux sucres; ces faits ont amené les auteurs à parler de glucose et de lévulose naissants. Une première constatation nous empêche d'invoquer ici une telle manière de voir; si l'on suit les deux phénomènes d'hydrolyse du saccharose et d'oxydation du glucose en acide gluconique, on constate que le premier est sensiblement plus rapide que le second; tout le saccharose est dédoublé au bout de 2 jours, alors que l'acidité réalisée (17^{cm^3},9 N) n'est à ce moment que la moitié de celle qu'on observe au bout de 3 jours (36,6).

J'ai recherché alors comment se comportait le Champignon en présence de mélanges artificiels de glucose et de lévulose, et les résultats obtenus sont

(1) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 84.

portés dans le tableau suivant qui donne pour chaque milieu les valeurs de l'acidité réalisée au bout de 10 jours :

Poids des sucres par culture (gr.).			Poids des sucres par culture (gr.).		
Glucose.	Lévulose.	Acidité (cm³ N).	Glucose.	Lévulose.	Acidité (cm³ N).
7	7	38,7	7	0	3,7
10	4	49,4	10	0	5,4
12	2	39,2	12	0	4
13	1	26,6	14	0	4
13,5	0,5	16,3	14	14	44,3

L'acidité s'élève d'abord dans le second milieu en raison de l'augmentation de la quantité de glucose introduit, mais ensuite elle diminue à mesure que la proportion de lévulose devient plus faible par rapport au glucose; lorsque le lévulose fait défaut nous retrouvons pour l'acidité des valeurs semblables à celle que nous avons signalée plus haut, et la dernière culture montre que le fait n'est pas dû à la concentration du glucose puisque après addition de lévulose à la quantité maxima de glucose on voit se produire à nouveau une grande acidité.

La formation d'acide gluconique nous apparaît donc tout d'abord comme résultant de la réduction des substances minérales, mais comme étant en outre dans nos expériences sous la dépendance de la présence du lévulose; celui-ci intervient-il en tant que sucre ou son action résulte-t-elle de quelque impureté, qui serait également introduite dans le milieu nutritif par le saccharose employé, c'est ce qu'établiront de nouvelles recherches.

ZOOLOGIE. — *Sur l'évolution d'un Crustacé parasite* (Flabellicola neapolitana *Gravier*). Note de M. **Ch. Gravier**.

Durant un séjour à la station zoologique de Naples en 1917, j'ai trouvé sur un Annélide Polychète de la famille des Flabelligériens [*Flabelligera* (*Siphonostoma*) *diplochaitos* (Otto)] un nouveau Copépode parasite : le *Flabelligera neapolitana*; le nom de genre rappelle que le Crustacé se fixe très généralement entre les deux éventails de soies qui circonscrivent la cage céphalique de l'hôte. J'ai publié ici même (¹) les résultats de mes premières observations; depuis, j'ai repris ces études préliminaires d'une façon dis-

(¹) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 502.

continue, à cause de travaux plus urgents; j'ai pu compléter et rectifier, sur certains points, les données que j'ai fournies tout d'abord, ce qui fait l'objet de la présente Note.

Au moment où le parasite est parvenu à son état de complet développement et, où il se prépare à pondre, il se compose de deux parties très inéga-

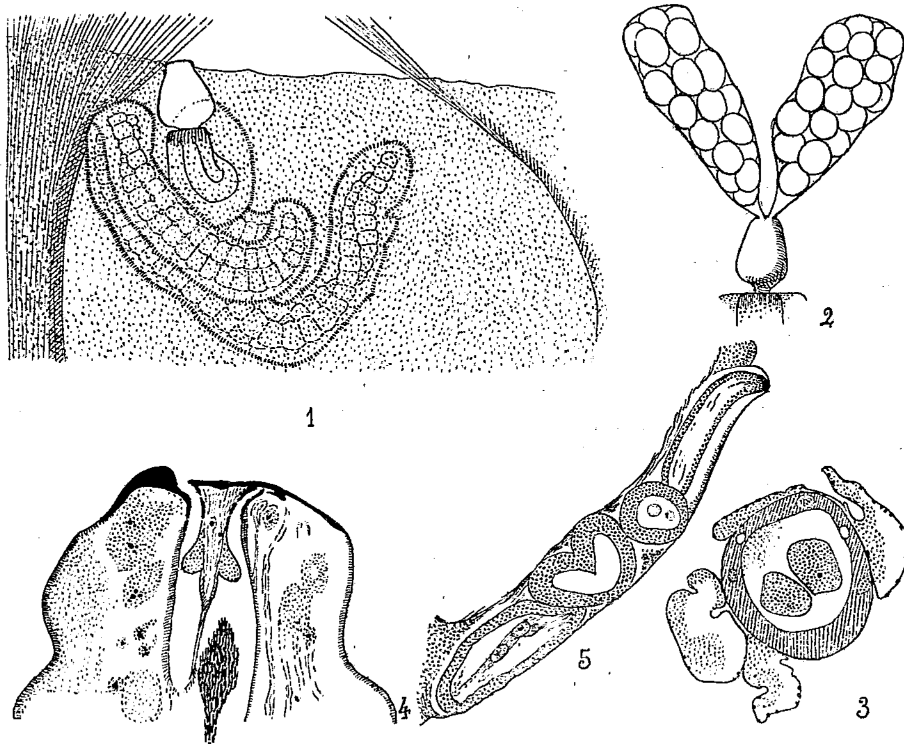


Fig. 1. — Le Crustacé parasite à l'état de maturité sexuelle, en place dans l'hôte (Annélide Polychéte). La vésicule mâle (en haut dans la figure), seule, est externe. Dans la partie interne, visible par transparence, on voit les ovules disposés en deux rangées régulières contiguës. Gr. : 36.

Fig. 2. — Vésicule externe, avec les deux sacs ovigères. Gr. : 32.

Fig. 3. — Coupe transversale du Crustacé parasite en voie de développement, avec les deux masses qui donneront naissance aux ovules. Des vaisseaux sanguins sont accolés à la surface du parasite.

Fig 4. — Coupe longitudinale de la partie supérieure de la vésicule externe, avec les voies qui aboutissent aux orifices de sortie des œufs. A droite, un paquet de spermatozoïdes.

Fig. 5. — Coupe longitudinale d'un exemplaire du même Crustacé parasite qui s'est développé entièrement dans l'épithélium de la collerette antérieure de l'Annélide.

lement développées, l'une interne, l'autre externe (*fig.* 1). La partie interne, comprise entre les deux parois de la collerette qui forme la région antérieure du Polychète, à travers laquelle on peut souvent l'apercevoir par transparence, n'est, en somme, qu'un sac à œufs replié plusieurs fois irré-

gulièrement sur lui-même, il est difficile d'en mesurer exactement la longueur qui varie, en général, de $3^{mm},5$ à 4^{mm}. La partie externe est un organe fréquemment piriforme dont le grand axe ne dépasse guère $0^{mm},3$, et qui se relie au reste du corps par un col étroit, au niveau de son émergence. C'est dans cet organe que se forment les spermatozoïdes et que s'accomplit la fécondation. C'est à la fois un testicule et une vésicule séminale. Le parasite est donc hermaphrodite, mais il ne le devient qu'au terme de son évolution; il reste femelle presque toute sa vie. Il atteint sa maturité sexuelle très vraisemblablement peu après que s'est constituée la vésicule externe. A l'intérieur de celle-ci, par suite de la fonte des cellules-mères des spermatozoïdes, il se forme des cavités contenant de nombreux éléments mâles, où viennent déboucher les tubes qui renferment les ovules disposés suivant deux rangées contiguës. Ces ovules sont fécondés au passage; leur trajet est canalisé à l'intérieur de la vésicule, d'où ils sortent par deux orifices voisins l'un de l'autre, au sommet de la vésicule, pour donner naissance aux deux sacs ovigères qui ont un peu plus de 1^{mm} de longueur chacun (*fig.* 2 et 4); il y a une cinquantaine d'œufs dans chaque sac.

J'ai seulement pu observer les premiers stades de la segmentation de l'œuf; je n'ai pu suivre celle-ci jusqu'à la formation du *Nauplius* à laquelle elle aboutit vraisemblablement. Peut-être cette segmentation est-elle assez rapide. Beaucoup de pontes récoltées à diverses époques de l'année ne contenaient que des œufs peu évolués ou vidés de leur contenu. La larve mise en liberté, après une certaine période de vie indépendante, va contaminer un autre *Flabelligera*. Il est possible que certaines de ces larves demeurent dans la cavité branchiale du Polychète sur lequel elles se sont développées, car une forte proportion de Vers donnent asile à plusieurs parasites de divers âges et je n'ai pu trouver aucun indice de multiplication agame du Copépode à l'intérieur de l'hôte, ce que j'avais soupçonné au cours de mes premières recherches.

Si elle n'est pas restée dans la cage céphalique du *Flabelligera* où elle a pris naissance, la forme libre du parasite pénètre donc dans celle d'un Polychète de la même espèce et elle va se fixer sur la face interne de la collerette antérieure de cet Annélide. Elle doit d'abord percer l'épithélium et la faible couche musculaire sous-jacente. Comment se fait la pénétration du parasite dans l'hôte? Je ne puis répondre à cette question. Il faudrait, pour essayer de le faire, comme pour combler les lacunes signalées plus haut, tenter de faire des élevages en aquarium, ce qui ne peut guère être entrepris que dans un laboratoire approprié. La perforation de la mince

paroi interne de la collerette ne paraît pas présenter de sérieuses difficultés à la larve; cependant, à deux reprises, j'ai trouvé le parasite arrêté dans sa marche à travers ce faible obstacle; une première fois, dans la couche épithéliale même qui est localement détruite par l'intrus (*fig.* 5); une seconde fois, entre la couche épithéliale et la minuscule couche de fibres musculaires qu'elle recouvre. Dans ces conditions exceptionnelles, il semble que la larve peut parcourir entièrement son évolution, mais elle paraît n'aboutir qu'à des formes rabougries, de dimensions beaucoup plus restreintes que dans les cas normaux, où elle se développe dans la cavité limitée par les deux parois de la collerette, dorsalement, entre les deux faisceaux de grandes soies du premier segment du corps et où elle trouve des conditions très avantageuses pour elle ([1]). Là, en effet, sont des vaisseaux sanguins auxquels elle s'accole intimement (*fig.* 3) et dont la paroi extrêmement mince se prête fort bien aux échanges osmotiques au profit de la larve en voie de croissance. Je crois que c'est là que se déroule l'existence du parasite; j'ai cherché en vain sa présence dans les autres parties du corps de l'hôte.

Dans le milieu où elle se fixe d'ordinaire et qui paraît lui être très favorable, la larve du *Flabelligera*, selon toute apparence, se développe rapidement; dès le début de son évolution, elle est peut-être déjà amplement pourvue de réserves nutritives. En tout cas, dans les coupes minces en série que l'on pratique dans les Polychètes contaminés, on trouve toujours, aux dimensions près, cette larve sous une forme voisine de celle qu'elle présente un peu avant la fin de sa carrière. C'est une sorte de boudin qui s'adapte à l'espace dont il dispose, en se repliant sur lui-même, qui ne montre aucune division extérieure, aucune trace d'appendice, dont la paroi, assez épaisse et munie d'éléments contractiles, peut accomplir quelques mouvements comme il est aisé de le constater sur le vivant; à l'intérieur, on voit une large masse indivise pourvue de noyaux, riche en matériaux de réserve, dans laquelle les ovules se constituent et grandissent, à mesure que s'épuisent les matériaux nutritifs. Finalement, les œufs se disposent régulièrement en deux files longitudinales contiguës occupant presque toute la longueur du corps. L'extrémité opposée à celle où ont commencé à se former les ovules et qui marque probablement la partie postérieure du corps. comme si elle était douée d'un tropisme spécial, se

([1]) Cf. *Bull. Mus. Hist. nat*,, t. 29, n°s 6 et 7.

approche du tégument de l'hôte et le transperce, pour donner lieu à la vésicule externe, à l'intérieur de la cage céphalique ([1]).

C'est dans cette vésicule que se constituent les spermatozoïdes — qui ont la forme de longs filaments — aux dépens de cellules-mères dont je n'ai pu suivre que bien incomplètement le développement, mais qui me semblent se montrer de bonne heure dans la paroi de la larve. La fonte de ces cellules, après l'élaboration des éléments mâles, donne lieu à des cavités contenant de nombreux spermatozoïdes, et auxquelles aboutissent les tubes ovigères et qui se continuent, d'autre part, jusqu'aux orifices par où sortent les œufs fécondés pendant leur passage à travers les cavités ci-dessus mentionnées; ces œufs remplissent les sacs ovigères qui, seuls, indiquent la présence et aussi la nature du parasite, car ils sont propres aux Copépodes.

Tels sont les traits principaux de l'évolution de ce Crustacé hermaphrodite qui, dans l'état actuel de nos connaissances, peut être ainsi caractérisé :

Genre FLABELLICOLA Ch. Gravier 1918. — Parasite interne du *Flabelligera* (*Siphonostoma*) *diplochaitos* (Otto). Aucun appendice. Simple sac en forme de boudin où se forment les oocytes, sans communication avec le dehors, jusqu'au moment où l'extrémité vraisemblablement postérieure perce la paroi du corps de l'hôte et forme une vésicule externe, à la fois testicule et vésicule séminale, séparée de la région interne du parasite par un col court et étroit, au niveau du tégument du Polychète. Ovules à maturité contenus dans deux tubes ovigères remplis chacun par une file unique de cellules sexuelles fécondées dans leur passage à travers la vésicule externe, sur laquelle reposent les deux sacs ovigères.

Golfe de Naples.

Parasite interne, le *Flabellicola neapolitana* Gravier présente le maximun de dégradation chez les Copépodes annélidicoles actuellement connus; il se réduit, en somme, à un sac à ovules presque jusqu'au terme de son existence, où il se pourvoit d'une vésicule externe qui est à la fois un testicule et un réservoir séminal, où les ovules sont fécondés au passage.

C'est du *Xenocœloma Brumpti* Caullery et Mesnil que paraît se rapprocher le plus le *Flabellicola neapolitana* et peut-être aussi du *Cryptodromus Terebellæ* Levinsen, lui-même parasite interne d'un Polychète, le *Terebella cirrata*. Mais ce dernier Copépode est beaucoup plus incomplètement connu que les deux autres. Chez ces trois Crustacés, l'organisme n'est, pour ainsi

---

([1]) *Comptes rendus*, *loc. cit.*, et *Pubbl. Staz. Napoli*, vol. 2, 1918, p. 209-231, Tav. 11.

dire, qu'un sac rempli d'éléments génitaux, comme les proglottis mûrs des Cestodes. Mais le dernier degré de la régression organique semble bien être réalisé chez le *Flabellicola neapolitana*, à cause de l'extrême simplification de l'appareil reproducteur.

ZOOLOGIE. — *Sur la complexité du cycle évolutif des Annélides polychètes.* Note (¹) de MM. F. **Mesnil** et M. **Caullery**.

Nous avons insisté à plusieurs reprises (²) sur le polymorphisme évolutif des Annélides polychètes, tant en ce qui concerne la reproduction sexuée que la reproduction asexuée. Quelques travaux parus au cours de ces dernières années nous amènent à revenir sur ces faits en les complétant à certains égards.

En 1917 (³), nous faisions connaître le dimorphisme évolutif d'un Spionidien, *Spio martinensis* (⁴); on peut résumer ainsi les faits:

Il y a deux sortes de pontes : les pontes A d'où sortent d'une façon précoce les larves à phase pélagique du type normal chez les Spionidiens et les pontes B qui donnent tardivement les larves volumineuses, plurisegmentées, à développement direct, bien que les œufs soient un peu plus petits que dans les pontes A, grâce à un phénomène de cannibalisme de ces larves qui dévorent les débris d'œufs et même la majorité des larves-sœurs.

Il semble bien que d'autres Spionidiens du même rameau (comprenant

---

(¹) Séance du 2 janvier 1924.

(²) Voir, en dernier lieu, les *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 70, 6 juillet 1918, p. 707.

(³) *Comptes rendus*, t. 165, 5 novembre 1917, p. 646.

(⁴) Pour être sûrs que nous ne confondions pas deux espèces distinctes, vivant côte à côte, nous avons examiné un très grand nombre d'individus : ils avaient tous les caractères fondamentaux que l'un de nous a assignés à l'espèce *martinensis* en la créant; en particulier, le sétigère d'apparition des soies encapuchonnées à la rame ventrale est généralement le 14ᵉ, exceptionnellement le 13ᵉ ou le 15ᵉ, jamais un sétigère plus antérieur chez les formes adultes. Nous estimons donc qu'on a tort (voir Söderström, cité ci-contre) de vouloir identifier *Spio martinensis* avec l'espèce plus ancienne *Spio filicornis*, évidemment fort voisine, nous l'avons toujours dit, mais chez laquelle les soies encapuchonnées peuvent commencer au 10ᵉ sétigère. On risque ainsi une confusion regrettable, car rien ne dit que le dimorphisme évolutif et les parasites de *Spio martinensis* se présentent aussi chez l'espèce dont les soies encapuchonnées commencent au 10ᵉ sétigère.

les genres *Microspio*, *Pygospio* et *Polydora*) présentent un dimorphisme analogue. Ainsi, Söderström a décrit en 1920 une évolution de *Pygospio elegans*, à partir de l'œuf, calquée sur celle de nos pontes B ([1]); il se reporte d'autre part à une observation de Leschke, qui remonte à 1903, relative à une larve pélagique de Spionidien de la baie de Kiel qu'il croit pouvoir rapporter à *Pygospio elegans*. Cette supposition peut être renforcée par le fait suivant : l'un de nous ([2]) a décrit en 1896 une larve pélagique qu'il a rapportée sans hésitation à *Pygospio elegans*. S'il en est bien ainsi, en joignant à cette observation celle de Söderström, le dimorphisme évolutif de l'espèce en question apparaît hors de doute.

Peut-être le décèlera-t-on aussi chez *Microspio mecznikovianus* dont Claparède et Metchnikoff ont fait connaître une larve non pélagique du type B ([3]).

Chez les Polydores du sous-genre *Boccardia*, les faits se présentent un peu différemment. Söderström figure, sans y insister autrement, une larve de *Pol. natrix*, uniformément calibrée d'un bout à l'autre du corps, sans soies pélagiques. L'un de nous a décrit il y a longtemps (1896, *loc. cit.*, p. 225) une pareille larve chez *P. polybranchia*. Il y a là un type intermédiaire entre la larve pélagique et la larve trapue de *Spio martinensis*. Rien ne dit qu'il y ait dimorphisme évolutif.

Si, maintenant, de la reproduction sexuée, nous passons à la reproduction asexuée, nous devons faire remarquer que le nombre des cas connus va aussi en augmentant. En 1919, chez *Syllis gracilis*, nous faisions connaître, pour la première fois chez un Syllidien, un cas de multiplication asexuée par fragmentation du corps en morceaux comprenant un nombre de sétigères voisin de 7. De nouvelles constatations, faites en 1920 et 1921, nous ont permis de préciser les conditions de cette reproduction scissipare, et l'un de nous résumait ainsi, en janvier 1921, nos recherches communes ([4]) :

« Le corps se fragmente de la façon suivante : extrémité antérieure y

---

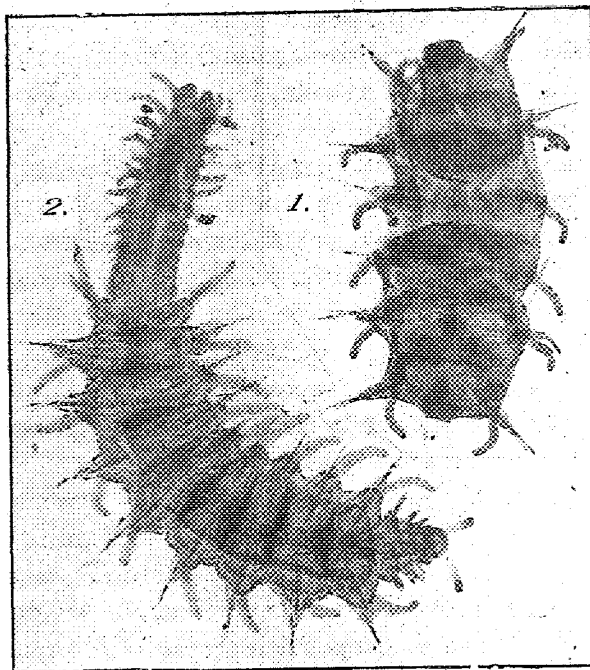
([1]) Söderström, *Studien über die Polychætenfamilie Spionidæ*, *Inaug. diss.*, Upsal, 1920. — Certains œufs, un ou deux par groupe, se développent aux dépens de leurs voisins qui n'évoluent pas du tout et se désagrègent. Il n'y aurait pas, comme chez *Spio martinensis*, ingestion de larves par leurs sœurs.

([2]) Mesnil, *Bull. scientif. France et Belgique*, t. 29, p. 178.

([3]) Claparède et Metchnikoff, *Zeitchr. f. wiss. Zool.*, t. 19, 1869. Quoi qu'en pense Söderström, nous connaissions cette observation; mais, notre Note de 1917 visait le fait du dimorphisme évolutif et non l'existence de telle ou telle forme larvaire.

([4]) Caullery et Mesnil, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 926. — Mesnil, *Titres et travaux scientifiques* (1893-1920), Laval, Barnéoud, p. 37. — Nous rappelons aussi

compris quelques segments à soies ypsiliformes; plusieurs fragments d'un nombre de sétigères oscillant autour du chiffre 7 (de 4 à 11 avec prédominance des chiffres 7 et 8); enfin une extrémité postérieure de 20 à 30 sétigères. Les extrémités antérieure et postérieure régénèrent la partie manquante; les fragments moyens régénèrent tête et queue (voir la figure). »



Régénération de fragments moyens de *Syllis gracilis*.
1. Début de régénération d'un fragment de 6 sétigères.
2. Régénération avancée d'un fragment de 10 sétigères.

Voici d'ailleurs une statistique portant sur 104 fragments moyens :

Nombre de sétigères des fragments régénérants..........	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	.	17
Nombre d'individus observés.........	2	14	15	24	19	10	8	3	3	2	1	2	.	1

Or il est intéressant de constater que, dès 1921, sans connaître nos observations, Allen, à Plymouth (¹), en faisait de tout à fait analogues sur

que nous avons fait connaître l'existence de la multiplication asexuée chez deux Sabellines, *Potamilla torelli* et *Myxicola dinardensis* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 683).

(¹) E. J. Allen, *Philos. Trans. R. Soc.*, t. 211, 1921, p. 131.

un autre Syllidien, *Procerastea halleziana* : des fragments de 3 ou 4 segments de la partie moyenne du corps reconstituent, par bourgeonnement, l'animal entier. Allen a même provoqué expérimentalement cette fragmentation et a établi la loi suivant laquelle le corps se brise en morceaux. Nous signalerons à ce propos que nous avons plusieurs fois rencontré, dans le fond de nos cristallisoirs contenant des plaques de *Lithothammion*, des *Pionosyllis lamelligera* donnant l'impression nette de se subdiviser en une chaîne d'individus (les constrictions affectaient le tube digestif) : souche antérieure de 13 sétigères, 4 tronçons de 3 sétigères, 3 de 4 sétigères et 6 (ou 7) de 2 sétigères. N'ayant pas observé, d'autre part, de fragments en voie de régénération, nous avons hésité à reconnaître là un début de scissiparité.

Entre autres familles de Polychètes présentant la multiplication asexuée, c'est certainement celle des Cirratuliens qui offre les cas les plus comparables à ceux ci-dessus indiqués; il suffit de se rappeler ce qui se passe chez les divers Cténodrilides ([1]) et d'y joindre de très curieuses constatations que vient de faire M. Dehorne ([2]) chez *Dodecaceria*.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur l'emmagasinage des liquides volatils en industrie*. Note ([3]) de M. DE CHARDONNET.

M. Paul Dumanois a présenté à l'Académie, dans sa séance du 17 septembre dernier, un procédé destiné à récupérer les vapeurs saturant l'air qui occupe les espaces laissés vides, dans les réservoirs industriels où l'on emmagasine les liquides volatils : alcools, pétroles, etc. M. Dumanois traite ces masses d'air par les moyens usités pour liquéfier ces vapeurs, qu'il rectifie ensuite par distillation. Ces procédés, ingénieux d'ailleurs, entraînent des frais importants par suite des pertes inévitables au cours des manipulations, des dépenses de main-d'œuvre, de combustible, de puissance mécanique qu'elles exigent, sans compter les formalités avec la Régie.

Depuis une vingtaine d'années, j'ai appliqué une autre méthode à la conservation et à la manipulation des collodions de filature utilisés pour la soie artificielle. Cette méthode consiste tout simplement à mettre le liquide à l'abri du contact de l'air.

([1]) KORSCHELT, *Archiv f. Entw. Mechanik*, t. 45, 1919, p. 602.
([2]) A. DEHORNE, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 143.
([3]) Séance du 2 janvier 1924.

Les collodions de filature gagnent à reposer, à *digérer* quelque temps avant d'être employés; c'est pourquoi il y en a toujours des stocks considérables dans les usines; il est très important qu'ils ne changent pas de composition, par évaporation, notamment.

Les réservoirs qui contiennent le liquide sont des cylindres verticaux, généralement ouverts en dessus et comportant un joint boulonné à mi-hauteur. Dans ce cylindre se trouve logé un plateau ou flotteur en bois ou en métal creux qui peut jouer librement de bas en haut du réservoir. Il est relié à ce réservoir par un sac cylindrique en toile, de hauteur moitié moindre que le réservoir et serti, d'une part, dans le joint boulonné, d'autre part sur le pourtour du flotteur. En sorte que cette espèce de soufflet, gonflé par l'afflux du collodion arrivant par le bas, peut remplir tout ou partie du réservoir.

Lorsqu'il s'agit de collodion, on peut établir ce soufflet avec une toile de bâche serrée (ni peinte ni goudronnée, bien entendu). Le peu de collodion qui traverse le tissu se fige en une pellicule protégeant le collodion contre l'évaporation. Au bas du réservoir existe une vanne servant à l'évacuation du liquide; au-dessous du joint boulonné on ménage un tuyau d'entrée. On pourrait, à la rigueur, employer une seule tubulure munie d'un robinet à trois voies, pour le remplissage et la vidange.

Le même système peut s'appliquer à toute espèce de liquide; mais, s'il s'agit d'un liquide ne formant pas de pellicule protectrice, au lieu d'un seul tissu on en superpose deux, collés ensemble, en intercalant une membrane inattaquable au liquide emmagasiné; cette membrane doit être étudiée pour chaque cas particulier.

S'il y avait lieu de faciliter l'écoulement au moyen d'une certaine pression, rien n'empêcherait de fermer hermétiquement le haut du réservoir et de mettre l'air confiné dedans en communication avec la pompe à air ou le ventilateur.

Afin de connaître à chaque instant la quantité de liquide contenue dans le réservoir, on attache un fil métallique souple au centre du flotteur, lequel fait mouvoir un index le long d'une échelle graduée.

MICROBIOLOGIE. — *Nouvelles méthodes pour l'étude de l'infection et du traitement de la tuberculose*. Note (¹) de Sir **Almroth E. Wright**.

Par la présente Note, je désire montrer qu'il est possible d'appliquer à l'étude de l'infection tuberculeuse les méthodes d'hémoculture en lames minces et en tubes capillaires que j'ai précédemment décrites et appliquées à l'étude des infections staphylococciques et streptococciques.

Ces méthodes consistent à ensemencer, avec des dilutions graduées de culture bacillaire, du sang que l'on introduit soit dans des tubes capillaires, soit dans des lames-cellules plates, divisées en petits compartiments. On peut constater ainsi en 24 à 48 heures, autour d'un seul microbe, la formation d'amas ou de colonies qu'il est facile de voir en les colorant à la fuchsine phéniquée et au bleu de méthylène après laquage du caillot de sang au moyen d'une solution étendue d'acide acétique ou de saponine.

Ce mode de culture permet d'observer les réactions leucocytaires. On voit ainsi que les polynucléaires sont les premiers attirés vers les bacilles tuberculeux et les englobent; que le bacille provoque rapidement la destruction du polynucléaire qui l'a absorbé; qu'ensuite viennent les grands et petits mononucléaires; que ceux-ci forment, avec les polynucléaires dégénérés, ces grandes agglomérations signalées jadis par Borrel autour des foyers tuberculeux consécutifs à l'injection intraveineuse de bacilles. Un peu plus tard le réseau de fibrine s'amincit et l'agglomération leucocytaire qui entoure les amas de bacilles tuberculeux se dissout. Le début de ce phénomène peut être observé déjà après 24 heures. Au bout de 48 heures de petites cavités apparaissent et le processus de désintégration se poursuit, de sorte que le contenu des lames-cellules se montre criblé de trous; il ressemble alors à de petites coupes de poumon tuberculeux. La formation de ces cavités semble due à une action chimique spéciale (probablement à la trypsine), exercée par les leucocytes empoisonnés par les bacilles.

L'ensemencement des bacilles dans le sérum seul ne donne pas les mêmes effets. Ils n'y prolifèrent pas d'une façon appréciable. Dans le plasma fibrineux, au contraire, cette prolifération est très active et plus uniforme encore que dans le sang complet. Il semble donc que la fibrine favorise leur nutrition. Dans un pareil milieu il est facile d'étudier *in vitro*

(¹) Séance du 2 janvier 1924.

les réactions réciproques des leucocytes et des bacilles pendant le développement de ceux-ci. Il suffit, pour cela, d'introduire dans certaines cultures des leucocytes, alors que d'autres cultures restent, comme témoins, sans leucocytes. On voit alors que l'intervention des leucocytes polynucléaires arrête, dans certains cas, la multiplication des bacilles. Mais, lorsque les leucocytes sont trop peu nombreux et qu'ils succombent devant la supériorité numérique des bacilles, on voit au contraire que la culture de ces derniers se trouve favorisée.

Si l'on ensemence comparativement, avec des bacilles tuberculeux, du sang normal et du sang de sujets atteints de tuberculose fébrile, on constate des différences très nettes dans les réactions leucocytaires. Alors que, dans le sang normal largement peuplé d'éléments microbiens, les leucocytes se rassemblent seulement en petit nombre autour de ceux-ci, ils s'accumulent en masses compactes autour des bacilles dans le sang des phtisiques, et les bacilles s'y détruisent en plus grand nombre. Chez le phtisique, les leucocytes sont donc à la fois agents de dissémination et de destruction des bacilles dans les foyers tuberculeux.

Le fait que l'augmentation de la réaction leucocytaire et du pouvoir tuberculo-bactéricide, caractéristiques du sang des malades tuberculeux, peut être obtenue par l'addition d'émulsion bacillaire au sang normal *in vitro*, permet d'étudier, également *in vitro*, la marche des phénomènes d'immunisation. Ceux-ci doivent dépendre des deux facteurs dont l'action est simultanée. Ce sont :

1° La quantité de bacilles vivants ensemencés;

2° La quantité de bacilles-vaccins surajoutés.

Avec des doses très faibles de bacilles tuberculeux ensemencés, l'addition de minimes quantités d'émulsion bacillaire (de l'ordre de 1 pour 50 millions au moins) provoque un très grand ralentissement du développement des bacilles.

L'addition de doses plus fortes d'émulsion bacillaire (dépassant 1 pour 5 millions) détermine une agglomération plus intense des leucocytes autour des bacilles tuberculeux. Avec des doses encore plus considérables, les bacilles semblent se développer davantage dans le sang, là où les leucocytes sont plus dispersés.

M. A. Laubeuf fait hommage à l'Académie du Tome I, 1922, des *Communications et Mémoires de l'Académie de Marine*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les insectes parasites de l'homme et des animaux domestiques*, par E. Séguy. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

2° *L'analyse des gaz combustibles*, par Enrique Hauser. (Présenté par M. Ch. Moureu.)

3° G. Bruhat. *Cours d'Électricité à l'usage de l'enseignement supérieur scientifique et technique*. (Présenté par M. M. Brillouin.)

M. **J.-J. Rey**, le **Laboratoire central d'Électricité** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur la *Fondation Loutreuil*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Extension aux noyaux symétrisables des théorèmes de M. Weyl.* Note de M. **P. Sergesco**, présentée par M. E. Goursat.

On considère dans cette Note des noyaux symétrisables à gauche *par un même noyau symétrique défini par $\mathcal{G}(x, y)$ et qui sont de genre fini p.* D'après la définition de M. Tr. Lalesco (¹), $N(x, y)$ est de genre p si p est le plus petit nombre entier tel que l'équation intégrale en $H(x, y)$

$$\int_a^b H(x, s)\mathcal{G}(s, y)\,ds = N^{(p)}(x, y)$$

soit résoluble. Il est aisé de vérifier que, si $N(x, y)$ est de genre p, il en est de même du noyau

$$N'(x, y) = N(x, y) + \sum_1^n \alpha_j f_j(x) \int_0^b \mathcal{G}(y, s) f_j(s)\,ds.$$

(¹) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 252.

Le noyau de Marty est de genre 2; j'ai montré (¹) que le théorème fondamental de Weyl lui est applicable.

Pour toute fonction $\mathcal{G}(x)$, telle que

$$\int_a^b \mathcal{G}(x, y)\, h(x)\, h(y)\, dx\, dy \leqq 1,$$

on a

$$N_1 = \int_a^b N(x, y)\, \mathcal{G}(x, s)\, h(x)\, h(y)\, dx\, dy\, ds \leqq \frac{1}{\lambda_1^+},$$

où λ_1^+ est la plus petite valeur caractéristique du noyau de genre fini $N(x, y)$.

$N(x, y)$ étant de genre p, $N^{(p+1)}(x, y)$ est développable en série de solutions fondamentales, ce qni permet d'établir l'inégalité (pour $2^g > p$)

$$N_{2^g} = \int_a^b N^{(2^g)}(x, y)\, \mathcal{G}(x, s)\, h(s)\, h(y)\, dx\, dy\, ds \geqq \frac{1}{(\lambda_1^+)^{2^g}}.$$

D'autre part, l'inégalité de Schwartz généralisée donne $N_1^{2^g} \leqq N_{2^g}$, d'où l'on déduit l'inégalité énoncée.

Une démonstration analogue à celle du *lemme* de M. Weyl (²) conduit au résultat : *La première valeur caractéristique positive $\lambda_1'^+$ du noyau $N'(x, y)$ est au plus égale à la $(n+1)^{ième}$ valeur caractéristique positive λ_{n+1}^+ du noyau* $N(x, y)$.

Dès lors, les théorèmes I, II, III et VI de M. Weyl s'appliquent sans changements aux noyaux symétrisables de genre fini : Le théorème IV doit être remplacé par le suivant :

Supposons que la première valeur caractéristique de $G(x, y)$ soit 1, ce que l'on peut toujours obtenir en multipliant par un facteur constant. *Entre les valeurs caractéristiques positives λ_n^+ et $\lambda_n''^+$ des noyaux*

$$N(x, y) \quad \text{et} \quad N''(x, y) = \int_a^b G(x, s)\, N(s, t)\, G(t, y)\, ds\, dt,$$

on a les inégalités

$$\frac{1}{\lambda_n''^+} \geqq \frac{1}{\lambda_n^+}.$$

Si $h(x)$ est une fonction telle que

$$\int_a^b G_1(x, y)\, h(x)\, h(y)\, dx\, dy \leqq 1$$

(¹) *Comptes rendus*, t. **177**, 1923, p. 519.

(²) *Mathematische Annalen*, t. **71**, 1912, p. 443 et suivantes.

et si l'on pose

$$H(x) = \int_a^b G(x, s) h(s) ds,$$

on a encore

$$\int_a^b G(x, y) H(x) H(y) dx dy \leqq 1.$$

Par conséquent

$$\int_a^b N''(x, y) G(x, s) h(s) h(y) dx dy ds = \int_a^b N(x, y) G(x, s) H(s) H(y) dx dy ds \leqq \frac{1}{\lambda_1^+},$$

et, en prenant pour $h(x)$ la solution fondamentale normée de $N''(x, y)$, correspondant à $\lambda_1''^+$, on a

$$\frac{1}{\lambda_1''^+} = \frac{1}{\lambda_1^+}.$$

L'inégalité générale s'obtient en appliquant le même raisonnement au noyau $N(x, y) - \sum_1^n \frac{\varphi_j^+(x) \psi_j^+(y)}{\lambda_j^+}$, dont la première valeur caractéristique est λ_{n+1}^+.

Le théorème fondamental de M. Weyl peut être établi aisément pour les noyaux symétrisables de genre *un* :

$$N(x, y) = \int_a^b H(x, s) G(s, y) ds.$$

Si $H(x, y)$ *et* $G(x, y)$ *sont des fonctions continues dans le carré d'intégration, ainsi que leurs dérivées premières, on a*

$$\lim_{n=\infty} \frac{n^3}{\lambda_n^2} = 0,$$

où λ_n *sont les valeurs caractéristiques du noyau* $N(x, y)$.

En effet, l'inégalité de Schwartz donne dans ce cas

$$\int_a^b \left[N(x, y) - \sum_1^n f_j(x) \int_a^b G(y, s) f_j(s) ds \right]^2 dx dy$$
$$\leqq \text{const.} \times \int_a^b \left[H(x, s) - \sum_1^n f_j(x) f_j(s) \right]^2 dx ds.$$

En vertu du théorème fondamental de M. Weyl, le dernier facteur peut

être rendu, par un choix convenable des fonctions $f_j(x)$, inférieur à $\frac{(b-a)^2}{n^2}\varepsilon_n^2$. En second lieu, le premier membre est au moins égal à $\sum_{n+1}^{\infty}\frac{1}{\lambda_j^2}$, d'après le théorème III étendu aux noyaux symétrisables. Donc

$$\lim_{n=\infty} n^2 \sum_{n+1}^{2n} \frac{1}{\lambda_j^2} \leq \lim_{n=\infty} n^2 \sum_{n+1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_j^2} \leq \lim_{n=\infty} (b-a)^2 \varepsilon_n^2 = 0$$

(car ε_n est un infiniment petit), on en tire

$$\lim_{n=\infty} n^2 \frac{n}{\lambda_{2n}^2} \leq \lim_{n=\infty} n^2 \sum_{n+1}^{2n} \frac{1}{\lambda_j^2} = 0,$$

ce qui est, à la notation près, la relation énoncée.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les suites des fonctions analytiques.* Note [1] de M. **J. Priwaloff**, présentée par M. Émile Borel.

Considérons une suite de fonctions analytiques

(1) $$f_1(z),\quad f_2(z),\quad \ldots,\quad f_n(z),\quad \ldots,$$

holomorphes dans le cercle $|z|<1$ et donnant chacune la représentation conforme biunivoque de ce cercle. Soit E un ensemble dénombrable quelconque de points, situé dans le cercle $|z|<1$ et admettant à l'intérieur de ce cercle au moins un point limite. Nous démontrons, dans ces conditions, que, *si une suite de fonctions* (1) *converge en tout point de l'ensemble* E, *elle converge uniformément dans tout cercle* $|z|\leq\rho\,(0\leq\rho<1)$.

Démonstration. — Nous pouvons supposer, sans diminuer la généralité de la démonstration, que le point $z=0$ fait partie de l'ensemble des points E.

Il suffit pour cela d'utiliser une transformation homographique sur z laissant invariable le cercle $|z|=1$ et amenant au point zéro un point a de E.

Par conséquent, nous pouvons supposer la convergence des nombres $f_n(0)$.

---

(1) Séance du 2 janvier 1924.

Posons

$$\varphi_n(z) = \frac{f_n(z) - f_n(0)}{f'_n(0)}. \quad (2)$$

(Nous avons $f'_n(0) \neq 0$ à cause de la correspondance biunivoque.)

Les fonctions (2) vérifient évidemment les conditions suivantes :

1° $\varphi_n(z)$ sont holomorphes et biunivoques dans le cercle $|z| < 1$.

2° $\varphi_n(0) = 0$; $\varphi'_n(0) = 1$.

Soit r un nombre quelconque ($\rho < r < 1$) suffisamment voisin de 1, pour que le cercle $|z| < r$ contienne un point limite de l'ensemble E. En vertu du théorème de M. Kœbe [1], nous avons

$$|\varphi_n(z)| \leqq M \quad \text{pour} \quad |z| \leqq r,$$

où M dépend seulement de r. L'égalité (2) nous donne

$$|f_n(z)| \leqq |f'_n(0)|\,|\varphi_n(z)| + |f_n(0)| \leqq M\,|f'_n(0)| + |f_n(0)|, \quad (3)$$

où $|z| \leqq r$.

En vertu de la convergence de la suite des nombres $f_n(0)$, nous avons

$$|f_n(0)| < c_1.$$

Nous allons démontrer de plus que $|f'_n(0)| < c_2$.

En effet, dans le cas contraire, nous pourrions extraire de la suite des nombres $|f'_n(0)|$ une suite $|f'_{n_k}(0)|$, croissant indéfiniment avec k. L'égalité (2) entraîne la convergence vers zéro de la suite $\varphi_{n_k}(z)$ en tout point z de l'ensemble E.

Les fonctions $\varphi_{n_k}(z)$ étant uniformément bornées pour $|z| \leqq r$, nous savons d'après le théorème de M. Vitali [2] que la suite $\varphi_{n_k}(z)$ converge uniformément dans le cercle $|z| \leqq r' < r$ vers une fonction $\varphi(z)$, holomorphe à l'intérieur du cercle $|z| < r'$. On peut choisir r aussi voisin de 1 que l'on veut, donc la suite $\varphi_{n_k}(z)$ converge vers $\varphi(z)$ en tout point du cercle $|z| < 1$, et $\varphi(z)$ est holomorphe dans ce cercle. La fonction $\varphi(z)$, égale à zéro sur l'ensemble des points E, est identiquement nulle. Enfin, en vertu du théorème connu de Weierstrass, la suite des dérivées $\varphi'_{n_k}(z)$ converge vers zéro en tout point du cercle $|z| < 1$. Nous arrivons ainsi à une contradiction, car $\varphi'_{n_k}(0) = 1$.

---

(1) E. Landau, *Darstellung und Begründung einiger neuerer Ergebnisse der Funktionentheorie*, 1916.

(2) Bieberbach, *Lehrbuch der Funktionentheorie*.

Donc nous avons démontré que $|f'_n(0)| < c_2$.

L'inégalité (3) nous donne

$$|f_n(z)| < M c_2 + c_1 = K \quad \text{pour} \quad |z| \leqq r.$$

Donc la suite $f_n(z)$ est uniformément bornée pour $|z| \leqq r$, de plus elle converge sur l'ensemble des points E, par hypothèse. Il en résulte, en appliquant le théorème de M. Vitali, que la suite $f_n(z)$ converge uniformément pour $|z| \leqq \rho$.

Corollaire. — *La fonction limite $f(z)$ de la suite* (1) *est holomorphe et biunivoque à l'intérieur du cercle* $|z| < 1$.

La proposition démontrée peut être généralisée de la manière suivante :

Soit donnée une suite de fonctions analytiques

$$\text{(I)} \qquad f_1(z), \quad f_2(z), \quad \ldots, \quad f_n(z), \quad \ldots,$$

holomorphes et biunivoques dans le domaine [1] D (à connexion simple ou multiple) et un ensemble *dénombrable* de points E, situé avec son point limite dans ce domaine. *Si la suite des fonctions* (I) *converge en tout point de l'ensemble* E, *alors elle converge uniformément dans tout domaine* D', *situé avec sa frontière à l'intérieur de* D.

En effet, supposons d'abord le domaine D simplement connexe et sa représentation conforme sur le cercle $|x| < 1$ réalisée par la fonction $z = \varphi(x)$. Les fonctions transformées $F_n(x) = f_n[\varphi(x)]$ sont holomorphes et biunivoques dans le cercle $|x| < 1$ et elles convergent sur l'ensemble $\mathcal{E}$, transformé de E, qui est situé dans le même cercle. Il est évident que $\mathcal{E}$ a un point limité au moins à l'intérieur du cercle $|x| < 1$.

En vertu de la proposition démontrée, la suite $F_n(x)$ converge uniformément dans tout domaine, appartenant avec sa frontière au cercle $|x| < 1$.

Par conséquent, la suite donnée des fonctions (I) convergera uniformément dans le domaine D'.

Ensuite en remarquant que tout domaine à connexion multiple peut être rendu simplement connexe à l'aide de coupures, nous voyons que le théorème est valable encore dans ce cas.

Corollaire. — *La fonction limite $f(z)$ de la suite $f_n(z)$ est holomorphe et biunivoque dans le domaine* D.

---

(1) Les domaines sont toujours supposés ouverts.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Fourier restreintes.* Note (¹) de M. A. Zygmund, présentée par M. Henri Lebesgue.

M. W.-H. Young appelle une série

$$\frac{a_0}{2}+\sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos nx + b_n \sin nx, \tag{1}$$

$$\sqrt{a_n^2+b_n^2}=o(n^\gamma) \qquad (\gamma > -1) \tag{2}$$

série de Fourier restreinte (ou série R. F.) de classe p, de la fonction $f(x)$ intégrable L dans l'intervalle (α, β), si la série (1) peut être obtenue par la simple dérivation formelle terme à terme de la série de Fourier d'une fonction $F(x)$, qui est sur (α, β) p-uple intégrale de $f(x)$.

Désignons par $f^*(x)$ une fonction définie sur $(0, 2\pi)$, égale à $f(x)$ pour $\alpha \leqq x \leqq \beta$, et d'ailleurs intégrable L sur $(0, 2\pi)$ [pour fixer les idées, nous la supposerons nulle en dehors de l'intervalle (α, β)].

M. Young (²) a établi plusieurs propriétés des séries R. F. par des méthodes directes, assez compliquées. Dans cette Note, je me propose d'énoncer quelques propositions sur les séries R. F., parmi les conséquences desquelles se trouvent les résultats de M. Young. Les démonstrations de ces résultats s'obtiennent très aisément par l'application de la méthode de la multiplication formelle, esquissée dans les Notes de M. Rajchmann et les miennes (³).

Théorème I. — Pour que la série (1) soit une série R. F. de la fonction $f(x)$ sur (α, β) (on ne spécifie rien sur sa classe), il faut et il suffit que la condition suivante [que nous appellerons condition R (⁴)] soit remplie :

$$\lim_{r \to 1} \int_{\alpha_1}^{\beta_1} f(r, t)\,dt = \int_{\alpha_1}^{\beta_1} f(t)\,dt \qquad \text{(condition R)},$$

uniformément pour $\alpha + \eta \leqq \alpha_1 \leqq \beta_1 \leqq \beta - \eta$ (η positif arbitraire), $f(r, t)$ désignant une fonction harmonique relative à la série (1).

Théorème II. — Soit D la différence de la série (1) et de la série de

---

(¹) Séance du 2 janvier 1924.

(²) *Proc. of the London Math. Society*, 1916, 1917.

(³) *Comptes rendus*, 3 et 17 septembre, 1er octobre 1923.

(⁴) La condition R a été énoncée pour la première fois par M. M. Riesz [*Sur les séries de Dirichlet et les séries entières* (*Comptes rendus*, 22 novembre 1909)].

Fourier de $f^*(x)$ et soit $\overline{D}$ la série conjuguée à D. Cela posé, la condition R entraîne la sommabilité (C, γ) des séries D et $\overline{D}$ sur (α, β), la somme de la série D étant nulle. La sommabilité de D et $\overline{D}$ est uniforme dans $(\alpha + \eta, \beta - \eta)$.

Théorème III. — Si l'on remplace la condition (2) par celle-ci

$$(2a) \qquad \sqrt{a_n^2 + b_n^2} = o(n^\gamma) \qquad (\gamma > -1),$$

les séries D et $\overline{D}$ seront bornées (C, γ) sur (α, β) et même uniformément sur $(\alpha + \eta, \beta - \eta)$.

Les démonstrations de ces théorèmes et des résultats exposés dans mes deux Notes citées, avec plusieurs applications, seront publiées dans un autre Recueil.

Je profite de l'occasion pour attirer l'attention sur une erreur typographique qui s'est glissée dans ma Note du 1er octobre 1923 et qui a déjà été corrigée dans les Errata parus le 22 décembre 1923. Cette correction a malheureusement échappé à Mlle Nina Bary qui, dans sa Note du 3 décembre 1923, m'a attribué un énoncé beaucoup plus général que celui que j'avais obtenu. En réalité, mon énoncé n'est relatif qu'à une somme d'ensembles fermés; dans le cas où les coefficients tendent vers zéro, il équivaut à celui de Mlle Bary [1]. *La priorité de ce théorème revient à Mlle Bary.*

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les formes différentielles en Géométrie.* Note [2] de M. E. CARTAN, présentée par M. Émile Borel.

Dans des recherches récentes de MM. G. Pick, W. Blaschke, J. Radon en géométrie affine [3], de M. Fubini en géométrie projective [4], ces auteurs ont cherché à caractériser une surface par deux formes différentielles généralisant les deux formes fondamentales de Gauss en géométrie euclidienne. Le problème, résolu complètement, dans l'espace des affinités *unimodulaires*, au moyen d'une forme quadratique et d'une forme cubique, ne l'est qu'en partie dans l'espace projectif, les deux formes, quadratique et

---

(1) La démonstration donnée par Mlle Bary et la mienne (obtenues indépendamment) sont presque identiques.

(2) Séance du 26 décembre 1923.

(3) *Leipziger Berichte*, t. 69, 1917, p. 107, 166; t. 70, 1918, p. 18, 91.

(4) Voir en particulier *Rend. Circ. Mat. Palermo*, t. 43, 1919.

cubique, de M. Fubini, ne le distinguant pas sur deux surfaces projectivement applicables.

La méthode du repère mobile introduit d'elle-même des formes différentielles de tous les degrés [1]; on peut donner de ces formes une interprétation géométrique simple et indiquer leur loi générale de formation. Je prendrai le cas d'une surface de l'espace projectif à trois dimensions, la généralisation à tous les cas possibles se faisant d'elle-même.

I. Prenons, en chaque point A de la surface (S), un système de coordonnées tétraédriques ayant le point A pour origine et le plan tangent en A pour plan des xy. L'équation de la surface, supposée analytique [2], rapportée au repère attaché à un point A quelconque, mais provisoirement fixé, peut être mise, en coordonnées non homogènes, sous la forme

$$z = \varphi_2(x, y) + \varphi_3(x, y) + \ldots + \varphi_p(x, y) + \ldots, \tag{1}$$

en désignant par φ_p un polynome entier et homogène de degré p. La substitution aux coordonnées courantes x et y, des expressions de Pfaff ω_1 et ω_2 qui représentent les valeurs de ces coordonnées pour un point A' infiniment voisin de A, conduit à une suite de formes différentielles

$$\Phi_2(\omega_1, \omega_2), \quad \Phi_3(\omega_1, \omega_2), \quad \ldots, \quad \Phi_p(\omega_1, \omega_2), \quad \ldots.$$

A chaque choix du repère mobile est donc associée une suite de formes différentielles bien déterminées. La loi de formation de cette suite est donnée par les identités

$$(2)\quad \left\{\begin{aligned}
&\frac{\partial\varphi_2}{\partial x}\omega_1 + \frac{\partial\varphi_2}{\partial y}\omega_2 = x\omega_{13} + y\omega_{23},\\
&\frac{\partial\varphi_3}{\partial x}\omega_1 + \frac{\partial\varphi_3}{\partial y}\omega_2 = \bar{d}\varphi_2 + (\omega_{33} - \omega_{00})\varphi_2,\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\\
&\frac{\partial\varphi_{p+1}}{\partial x}\omega_1 + \frac{\partial\varphi_{p+1}}{\partial y}\omega_2\\
&\quad = \bar{d}\varphi_p + (\omega_{33} - \omega_{00})\varphi_p + (p-2)(\omega_{10}x + \omega_{20}y)\varphi_{p-1}\\
&\qquad + \frac{1}{2}\omega_{31}\frac{\partial}{\partial x}(\Sigma\varphi_\alpha\varphi_{p+1-\alpha}) - \frac{1}{2}\omega_{32}\frac{\partial}{\partial y}(\Sigma\varphi_\alpha\varphi_{p+1-\alpha})\\
&\qquad + \frac{1}{2}(p-2)\omega_{30}\Sigma(\varphi_\alpha\varphi_{p-\alpha}).
\end{aligned}\right.$$

---

[1] Voir dans les *Annales de l'École Normale supérieure*, 3e série, t. 37, 1920, le Chapitre III de mon Mémoire sur la déformation projective des surfaces où, à côté des deux formes de M. Fubini, se présente une forme biquadratique χ (p. 285), dont la signification géométrique n'est du reste pas autrement indiquée.

[2] Cette hypothèse n'est faite que pour la commodité de l'exposition.

On a désigné par ω_{ij} les composantes du déplacement infinitésimal du repère mobile ($\omega_{01}=\omega_1$, $\omega_{02}=\omega_2$). La notation $\bar{d}\varphi$ désigne la somme de deux quantités, la première provenant de la différentiation des *coefficients* de la forme φ, la seconde étant

$$-\frac{\partial\varphi}{\partial x}[x(\omega_{11}-\omega_{00})+y\omega_{21}]-\frac{\partial\varphi}{\partial y}[x\omega_{12}+y(\omega_{22}-\omega_{00})];$$

$\bar{d}\varphi$ est donc une sorte de *différentielle covariante.*

Les formules précédentes montrent d'elles-mêmes comment se modifient les formes Φ_p par un changement infiniment petit du repère mobile.

Elles fournissent donc tous les éléments pour le calcul des formes Φ et leur *normalisation*. On voit facilement que, si Φ_2 n'est pas dégénérée, toute normalisation des formes Φ_2, Φ_3 et Φ_4 entraîne celle de toutes les formes suivantes, de sorte que les formes Φ_2, Φ_3 et Φ_4 caractérisent complètement la surface.

II. La considération de l'équation *tangentielle* de la surface conduirait de même à des formes F_2, F_3, ..., en ω_{13} et ω_{23}, définies par des identités analogues à (2). Naturellement les formes F doivent pouvoir se déduire des formes Φ; on a en particulier

$$F_2=\Phi_2,\qquad F_3=-\Phi_3,\qquad F_4=-\Phi_4+\frac{1}{2}\left(\frac{\partial\Phi_3}{\partial\omega_1}\frac{\partial F_3}{\partial\omega_{13}}+\frac{\partial\Phi_3}{\partial\omega_2}\frac{\partial F_3}{\partial\omega_{23}}\right).$$

III. Les formules (2) contiennent implicitement une *loi générale d'involution*. Considérons une ligne (C) tracée sur la surface (S) et l'enveloppe de la surface (Σ) définie en chaque point A de (C) par l'équation

$$z=\varphi_2(x,y)+\ldots+\varphi_p(x,y).$$

La caractéristique de (Σ) présente en A un point multiple d'ordre p dont les tangentes $\left(\frac{y}{x}\right)$ sont reliées à la tangente $\left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)$ à la ligne (C) par la relation *involutive*

$$\omega_1\frac{\partial\varphi_{p+1}}{\partial x}+\omega_2\frac{\partial\varphi_{p+1}}{\partial y}=0.$$

Le cas le plus simple est fourni ($p=1$) par la propriété d'involution des tangentes conjuguées.

D'une manière générale, toute particularisation imposée *a priori* au repère mobile conduit à une ou plusieurs suites de formes différentielles, ainsi qu'à une loi générale d'involution, plus ou moins facile à formuler géométriquement.

IV. On peut généraliser les considérations pour une surface (S) plongée dans un espace à *connexion projective*. A tout choix du repère mobile est associée une équation de la forme (1) jouissant de la propriété suivante. Si l'on décrit sur (S) une ligne quelconque (L) et si l'on raccorde les espaces projectifs tangents aux différents points de (L) avec l'espace projectif tangent en un de ses points A, la ligne (L) devient, dans cet espace projectif, une ligne (L) *tracée sur la surface* (1). Les formules (2) ne sont plus des identités; elles ne sont valables que si l'on donne à x et y les valeurs ω_1 et ω_2; elles fournissent les formes Φ de proche en proche. Quant à la loi d'involution, *elle disparaît*; néanmoins, si l'espace est *sans torsion*, elle subsiste en ce qui concerne les tangentes conjuguées.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les ensembles de la première classe et les espaces abstraits*. Note de M. **Paul Alexandroff**, présentée par M. Henri Lebesgue.

1. D'après les recherches de M. Lebesgue ([1]), tout ensemble F de la première classe est le produit (la partie commune) d'une infinité dénombrable d'ensembles ouverts (complémentaires aux ensembles fermés). Ces ensembles (produits dénombrables d'ensembles ouverts) sont nommés par M. Hausdorff *ensembles* G_δ; ils jouent un rôle fondamental dans l'Analyse contemporaine.

Ainsi tout ensemble mesurable est à un ensemble de mesure nulle près un ensemble G_δ; tout ensemble mesurable B [plus généralement, tout ensemble (A) de Souslin] est une projection orthogonale d'un G_δ (plan); l'ensemble des points de continuité d'une fonction arbitraire est toujours un G_δ; un ensemble est complémentaire à un ensemble de première catégorie (sur un ensemble parfait) s'il contient un G_δ dense sur le même ensemble parfait et seulement dans ce cas, etc.

Tous les ensembles dont il sera question peuvent être supposés situés dans l'espace euclidien à m dimensions, ou, d'une façon bien plus générale, dans un *espace métrique complet possédant un sous-ensemble dénombrable partout dense* [*classe* ($\mathfrak{D}$) *séparable* de M. Fréchet ([2])].

([1]) *Journal de Mathématiques;* 1905. Un ensemble F de première classe est défini par une égalité $f = a$, où a est une constante et f une fonction de la première classe de M. Baire.

([2]) Voir, par exemple, le Mémoire de M. Fréchet dans les *Annales de l'École Normale*, 3e série, t. 38, p. 341 et suiv.

Une classe ($\mathfrak{D}$), *ou espace métrique*, est une classe où la *distance* $\rho(a, b)$ entre

Le but de cette Note est d'élucider, dans ces conditions, la nature topologique des ensembles G_δ en les caractérisant d'une façon intrinsèque (c'est-à-dire ne faisant aucun usage de la partie restante de l'espace), et cela de deux manières différentes. Nous verrons en particulier que les ensembles G_δ ne sont topologiquement autre chose que les espaces complets eux-mêmes; *le théorème de Cauchy caractérise donc les ensembles* F *de la première classe de la même façon que le théorème de Bolzano-Weierstrass exprime la nature topologique des ensembles fermés et bornés* [qui ne sont que des classes $(\mathfrak{D})$ compactes en soi]. J'indiquerai seulement la marche générale des raisonnements; les démonstrations complètes (assez compliquées) paraîtront dans un autre Recueil.

Théorème I. — *Pour qu'un ensemble de points situé dans une classe* $(\mathfrak{D})$ *complète séparable soit un ensemble* G_δ, *il faut et il suffit qu'il soit homéomorphe à un espace complet.*

En tenant compte d'un théorème de M. Urysohn ([1]), on peut encore exprimer ce résultat comme il suit :

Pour qu'une classe $(\mathfrak{D})$ *séparable soit complète, il faut et il suffit qu'on puisse la transformer* (d'une façon bicontinue) *en un ensemble* G_δ *situé dans un espace métrique compact.*

Définitions auxiliaires. — 1° Soit E un espace métrique séparable ou un ensemble quelconque situé dans un tel espace. Le sous-ensemble G de E sera dit un *domaine de* E s'il ne contient aucun point-limite de l'ensemble $E - G$.

2° Un système dénombrable Σ de domaines de E, $V_1, V_2, \ldots, V_n, \ldots$ sera dit *système déterminant l'espace* (ou l'*ensemble*) E si tout domaine de E est la somme d'un certain agrégat de domaines V_n.

3° Un système déterminant $V_1, V_2, \ldots, V_n, \ldots$ s'appelle *clos* si, quelle

---

deux éléments (points de l'espace métrique) distincts est définie de façon que $0 < \rho(a, b) = \rho(b, a) \leqq \rho(a, c) + \rho(b, c)$, quel que soit le troisième point c. La distance une fois définie, la définition des *points limites* (*éléments d'accumulation*) est immédiate.

Un espace est *compact*, en soi, si tout ensemble infini y possède au moins un point limite.

Un espace est *complet* si parmi toutes les définitions de la distance qui n'altèrent pas la définition des éléments d'accumulation, l'une au moins admet une généralisation du théorème de Cauchy sur la convergence d'une suite.

([1]) *Les classes* $(\mathfrak{D})$ *séparables et l'espace Hilbertien* (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 65).

que soit la suite de domaines $V_{i_1}, V_{i_2}, \ldots, V_{i_k}, \ldots$ de ce système telle que V_{i_k} contient $V_{i_{k+1}}$, il y a des points appartenant au produit de tous les $\overline{V}_{i_k}$ (où $\overline{V}_i$ est la somme de V_{i_k} et de tous les points limites de V_{i_k} situés dans E).

4° Un système Π de domaines de E forme une *couverture dispersée* si, quel que soit le point ξ de E : (*a*) il est contenu dans au moins un domaine du système Π; (*b*) il existe un certain voisinage de ξ qui n'a des points communs qu'avec un nombre fini de domaines du système Π.

5° Un système déterminant Σ s'appelle *normal* si, quel que soit le système déterminant Σ_0 faisant partie de Σ, on peut en extraire une couverture.

Cela posé, le théorème I résulte, comme on l'apercevra facilement, du théorème suivant :

THÉORÈME II. — *Pour que* E, *qui est :*

un ensemble situé dans une classe ($\mathfrak{D}$) *complète soit un ensemble* G_δ *dans cet espace,*	*une classe* ($\mathfrak{D}$) *séparable, soit complète,*

il faut et il suffit que l'on puisse, de tout système déterminant E, *extraire un système déterminant clos.*

Ce qui est le plus difficile dans la démonstration de ce théorème, c'est la suffisance de la condition pour les espaces complets (la nécessité résulte d'un théorème de M. Hausdorff, *Grundzüge der Mengenlehre*, p. 318); elle peut être démontrée à l'aide du lemme suivant :

LEMME. — *Il existe pour toute classe* ($\mathfrak{D}$) *séparable un système déterminant normal.*

En s'appuyant sur ce lemme, on peut construire un système déterminant *clos* S tel que : 1° les domaines formant S se distribuent en une suite $\Pi_1, \Pi_2, \ldots, \Pi_n, \ldots$ de *couvertures dispersées;* 2° la suite des Π_n est une *chaîne complète régulière* (¹). Or, on peut se baser sur les systèmes Π_n pour introduire entre les points de l'espace donné une distance nouvelle de façon à obtenir une classe ($\mathfrak{D}$) complète (²). C. Q. F. D.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur la recherche des ensembles homéomorphes.* Note de M. M. LAVRENTIEFF, présentée par M. Henri Lebesgue.

On dit que deux ensembles sont homéomorphes, lorsqu'on peut établir entre leurs éléments une correspondance bicontinue, univoque et réci-

(¹) Voir la Note de MM. ALEXANDROFF et URYSOHN, *Une condition nécessaire et suffisante* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1274).

(²) La définition de cette distance est plus compliquée, mais repose sur la même idée directrice que celle de la Note citée. La démonstration du fait qu'on obtient ainsi un espace complet repose sur la clôture du système déterminant S et sur ce que les Π_n sont des couvertures dispersées.

proque. La question se pose naturellement de savoir s'il est possible de déterminer une correspondance de même nature entre les points de deux ensembles *extrêmement simples*, contenant les ensembles donnés, cette correspondance coïncidant avec la première pour les points des deux ensembles donnés.

Je me propose de donner ici une réponse affirmative à cette question et je m'occuperai ensuite de quelques applications aux ensembles effectifs (nommables) connus jusqu'à présent. C'est à M. N. Lusin que je dois le principe du théorème fondamental.

1. *La recherche des ensembles homéomorphes.* — Nous ne considérons que les ensembles linéaires et nous utilisons les notations de M. Hausdorff : désignons par G l'ensemble de points formé par la réunion d'intervalles ouverts donnés ; nous désignons par G_δ l'ensemble de points communs à une infinité dénombrable d'ensembles G.

Avec ces notations nous allons démontrer le théorème suivant :

Théorème fondamental. — *S'il existe une correspondance bicontinue, univoque et réciproque, entre deux ensembles linéaires appartenant à deux droites différentes, il est possible de déterminer une correspondance de même nature entre tous les points des deux ensembles* du type G_δ *enfermant les ensembles donnés, la seconde correspondance coïncidant avec la première pour les points des deux ensembles donnés.*

En effet, soient E et $\mathcal{E}$ les ensembles homéomorphes dont le premier est situé sur l'axe des x, le second sur l'axe des y. Soit $y = f(x)$ et $x = \varphi(y)$ une correspondance homéomorphe entre ces ensembles. La fonction $f(x)$ étant définie sur E, est continue en tout point de E par rapport à cet ensemble ; la fonction $\varphi(y)$ possède les mêmes propriétés par rapport à l'ensemble $\mathcal{E}$. Prenons la réunion de E et de son dérivé E' ; soit donc

$$F = E + E' ;$$

F est un ensemble fermé ; d'une manière analogue soit $\mathcal{F} = \mathcal{E} + \mathcal{E}'$. Définissons sur F une fonction $f^*(x)$ égale *au minimum* de $f(x)$ en tout point x de F. La fonction $f^*(x)$ ainsi définie coïncide avec $f(x)$ pour les points de E ; de plus elle est continue en tout point de E relativement à F. Soit E^* l'ensemble des points de continuité de $f^*(x)$, $E < E^* < F$. D'après un théorème connu, l'ensemble E^* est un ensemble du type G_δ. Formons de même une fonction $\varphi^*(y)$ et un ensemble $\mathcal{E}^*$ pour l'ensemble $\mathcal{F}$, $\mathcal{E} < \mathcal{E}^* < \mathcal{F}$. Soit E^{**} l'ensemble de points de E^* pour lesquels les valeurs de $f^*(x)$ sont contenues dans $\mathcal{E}^*$; on a $E < E^{**} < E^* < F$. Nous allons

déterminer le type de E^{**} : un ensemble de points de E^{*} pour lesquels les valeurs de $f^{*}(x)$ sont contenues dans un ensemble quelconque du type G, étant formé par la réunion des portions de E^{*}, est du type G_δ; donc l'ensemble $\mathcal{E}^{*}$ étant du type G_δ, nous en conclurons que E^{**} l'est aussi. De même, soit $\mathcal{E}^{**}$ un ensemble de points y de $\mathcal{E}^{*}$ pour lesquels on a $\varphi^{*}(y) < E^{*}$; nous avons $\mathcal{E} < \mathcal{E}^{**} < \mathcal{E}^{*} < \mathcal{J}$; $\mathcal{E}^{**}$ est du type G_δ. Nous allons démontrer que les ensembles E^{**} et $\mathcal{E}^{**}$ vérifient le théorème proposé.

Il suffit de montrer que les équations $y = f^{*}(x)$ et $x = \varphi^{*}(y)$ donnent une correspondance homéomorphe entre E^{**} et $\mathcal{E}^{**}$. Soit, en effet, x_0 un point de E^{**}. D'après la définition de E^{**} le point $y_0 = f^{*}(x_0)$ est contenu dans $\mathcal{E}^{*}$, donc le point y_0 est un point de continuité de la fonction $\varphi^{*}(y)$. D'autre part le point x_0 est un point de continuité de $f^{*}(x)$. Il en suit sûrement que $\varphi^{*}(y_0) = x_0$, donc x_0 étant contenu dans E^{*}, y_0 est contenu dans $\mathcal{E}^{**}$. Des raisonnements tout semblables montrent que, si y_1 est un point de $\mathcal{E}^{**}$, le point $x_1 = \varphi^{*}(y_1)$ est contenu dans E^{**} et $f^{*}(x_1) = y_1$. Donc les équations $y = f^{*}(x)$ et $x = \varphi^{*}(y)$ établissent une correspondance univoque et réciproque entre E^{**} et $\mathcal{E}^{**}$; d'ailleurs, c'est cette correspondance qui est bicontinue, en vertu de la continuité des fonctions $f^{*}(x)$ et $\varphi^{*}(x)$, respectivement sur E^{**} et $\mathcal{E}^{**}$, ce qui prouve la proposition.

L'ensemble complémentaire de G_δ étant F_δ, nous en déduisons le corollaire suivant :

COROLLAIRE. — *Si deux ensembles sont homéomorphes, les deux ensembles complémentaires le sont aussi, à deux ensembles* F_σ *près.*

2. *Application aux types de M. Hausdorff.* — Rappelons l'échelle des symboles de M. Hausdorff. Nous avons déjà défini les ensembles de types G, F, G_δ et F_σ; les sommes (produits) dénombrables des ensembles $G_\delta (F_\sigma)$ forment les ensembles du type $G_{\delta\sigma}(F_{\sigma\delta})$. En général, les sommes (produits) des ensembles $G_{(\delta\sigma)^n\sigma}$ et $F_{(\sigma\delta)^n}$ $[G_{(\delta\sigma)^n}$ et $F_{(\sigma\delta)^n\sigma}]$ forment respectivement les ensembles de types $G_{(\delta\sigma)^{n+1}}$ et $F_{(\sigma\delta)^n\sigma}$ $[G_{(\delta\sigma)^n\delta}$ et $F_{(\sigma\delta)^{n+1}}]$.

Avec ces notations nous allons démontrer le théorème suivant :

THÉORÈME. — *L'ensemble homéomorphe à un ensemble d'un type déterminé est du même type.*

Pour les ensembles des types F, G et F_σ la proposition est élémentaire [1]. Appliquons le théorème fondamental au cas général [2].

---

[1] Pour les ensembles des types F et F_σ la démonstration est immédiate. Pour les ensembles du type G la proposition a été démontrée par M. Brouwer (*Math. Ann.*, t. 71, 1912).

[2] M. Sierpinski a démontré ce théorème pour les ensembles des types $G_{(\delta\sigma)^n}$

La chose est vraie pour les ensembles du type $F_\sigma = F_{(\sigma\delta)^0\sigma}$. Supposons la proposition vraie pour $F_{(\sigma\delta)^n\delta}$ et étendons-la aux $F_{(\sigma\delta)^{n+1}}$ et $F_{(\sigma\delta)^{n+1}\sigma}$.

Soit E un ensemble du type $F_{(\sigma\delta)^{n+1}}$ et soit $\mathcal{E}$ homéomorphe à E. Prenons, d'après le théorème fondamental, les ensembles E^{**} et $\mathcal{E}^{**}$. En vertu de la définition des ensembles $F_{(\sigma\delta)^{n+1}}$, on a $E = E_1 E_2 \ldots E_k \ldots$, où $E_k (k = 1, 2, 3, \ldots)$ sont des ensembles du type $F_{(\sigma\delta)^n\delta}$. L'ensemble E étant contenu dans E^{**}, nous avons $E = (E^{**}E_1)(E^{**}E_2)\ldots(E^{**}E_k)\ldots$.

Si nous avons $n \geqq 1$, les ensembles $(E^{**}E_k)$ $(k = 1, 2, 3, \ldots)$ sont du type $F_{(\sigma\delta)^n\sigma}$, donc à l'ensemble $(E^{**}E_k)$ correspond un ensemble déterminé, soit $\mathcal{E}_k$, du type $F_{(\sigma\delta)^n\sigma}$; or le produit des $\mathcal{E}_k$ $(k = 1, 2, 3, \ldots)$ est $\mathcal{E}$, donc $\mathcal{E}$ est du type $F_{(\sigma\delta)^{n+1}}$. *Si nous avons* $n = 0$, à l'ensemble $(E^{**}E_k)$ correspond $(\mathcal{E}^{**}\mathcal{E}_k)$, où $\mathcal{E}_k$ est un ensemble du type F_σ, car au produit de $\mathcal{E}^{**}$ et d'un ensemble du type F (fermé) correspond le produit de $\mathcal{E}^{**}$ et d'un ensemble fermé; mais les produits des $(\mathcal{E}^{**}\mathcal{E}_k)$ $(k = 1, 2, 3, \ldots)$ est $\mathcal{E}$, donc $\mathcal{E}$ est du type $F_{\sigma\delta}$.

La démonstration pour les ensembles du type $F_{(\sigma\delta)^{n+1}\sigma}$ est immédiate.

Des raisonnements tout semblables démontrent la proposition pour les ensembles des types $G_{(\delta\sigma)^n}$ et $G_{(\delta\sigma)^n\delta}$.

On peut sans peine étendre les symboles de M. Hausdorff aux ensembles mesurables B des classes transfinies ([1]). Pour ces symboles le théorème reste exact, la démonstration étant toute semblable.

3. *Application aux ensembles complémentaires des ensembles* ($\mathcal{A}$) ([2]). — On sait, d'après les raisonnements élémentaires, qu'un ensemble homéomorphe à un ensemble ($\mathcal{A}$) est un ensemble ($\mathcal{A}$). D'après le corollaire du théorème fondamental nous déduisons : *tout ensemble homéomorphe à un ensemble complémentaire d'un ensemble* ($\mathcal{A}$) *est un ensemble de même nature* ([3]).

---

et $G_{(\delta\sigma)^n\sigma}$ (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 24). M. Mazurkiewicz l'a établi pour les ensembles du type $F_{\sigma\delta}$ (*Fund, Math.*, t. 2).

([1]) Pour les symboles G cela a été fait par M. Sierpiński (*loc. cit.*, p. 24).

([2]) On consultera pour la définition et les propriétés des ensembles ($\mathcal{A}$) les Notes de Souslin et M. N. Lusin (*Comptes rendus*, t. 164).

([3]) Ce théorème a été démontré par M. Alexandroff (*Fund. Math.*, t. 5).

AVIATION. — *Sur l'emploi des fluctuations horizontales du vent par les oiseaux voiliers.* Note [1] de M. **Vasilesco Karpen**, présentée par M. Lecornu.

Le voilier, oiseau ou aéroplane sans moteur — en l'absence d'un vent ascendant ou d'une variation de la hauteur — ne dispose que d'une seule source d'énergie utilisable, c'est sa force vive par rapport à l'air

$$W = \frac{1}{2} m \beta^2.$$

Pour se soutenir et pour avancer, le voilier dépense cette énergie en perdant de la vitesse relative β.

Si pendant dt, la vitesse du vent a varié (géométriquement) de dv, si γ est l'angle de dv avec $-\beta$, et *si le voilier n'a rien dépensé*, la vitesse relative a varié de $d\beta = dv \cos\gamma$, et par conséquent l'énergie disponible a varié de

$$dW = m \beta \, dv \cos\gamma. \tag{1}$$

Il en résulte immédiatement que la théorie de Langley, dite théorie des « montagnes russes », est inacceptable, car $\cos\gamma$ étant tantôt positif, tantôt négatif, l'énergie moyenne captée est nulle ou presque nulle.

Suivant la théorie du « vent louvoyant » [2], l'oiseau avançant transversalement à la variation du vent, avec une vitesse relative β convenable, reçoit cette variation alternativement par les deux ailes en changeant leur orientation (angle d'attaque), de façon qu'il y ait toujours une poussée sustentatrice. Cette théorie est aussi inacceptable; j'ai montré, en effet [3], que l'énergie captée dans ce cas, calculée à l'aide de la formule (1), est insuffisante pour le vol.

La théorie formulée par M. Nordmann dans deux Notes récentes [4] est analogue à la précédente, avec cette différence péjorative que l'oiseau vole dans la direction de la variation du vent, recevant celle-ci tantôt par l'avant, tantôt par l'arrière.

Dans ces conditions, l'oiseau n'a, par rapport à l'air, que la faible vitesse résultant des variations de la vitesse de l'air et s'annulant dans chaque demi-

---

(1) Séance du 2 janvier 1924.

(2) Alexandre Sée, *Les lois expérimentales de l'aviation.*

(3) *Journal de Physique*, mai 1913.

(4) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 446 et 944.

période de cette vitesse. Cette circonstance (β petit) rend la dépense totale d'énergie (sustentation et pénétration) beaucoup plus grande que dans le cas précédent, et, comme l'énergie captée est la même, la théorie de M. Nordmann est encore moins acceptable que celle de M. Sée. M. Nordmann invoque bien à l'appui de son hypothèse la résistance de l'air, supplémentaire et inconnue, qui se produit du fait de l'accélération, mais même si cette influence était appréciable pour les accélérations habituelles du vent, elle s'exercerait tantôt dans un sens favorable, tantôt dans un sens contraire, son effet moyen ne peut être que négligeable.

Mais les deux théories précédentes ne sont guère acceptables physiologiquement. En effet, le corps et les ailes des oiseaux sont adaptés pour voler face au vent relatif (attaque de front). C'est pour cette seule direction du vol, que le coefficient K' de pénétration est de beaucoup plus petit, le coefficient de sustentation K de beaucoup plus grand et l'énergie totale dépensée de beaucoup plus petite que pour toute autre direction. Dans la théorie du « vent louvoyant » le vol s'écarte peu de la direction optimum, mais dans celle de M. Nordmann l'oiseau arrive à voler directement à « rebrousse-plume », ce qui me paraît, *a priori*, inacceptable.

La conclusion directe de la formule (1) est la suivante :

La manœuvre qu'un voilier doit exécuter pour utiliser les fluctuations du vent, c'est de garder $\cos\gamma$ *constamment positif, en décrivant les orbes nécessaires pour voler toujours dans un sens contraire à celui de l'accélération du vent. De plus, il attaquera toujours de front et gardera à la vitesse relative une valeur voisine de celle qui rend minimum l'énergie dépensée.*

Dans sa dernière Communication, M. Nordmann objecte à mes conclusions qu'elles reposent sur des formules de la résistance de l'air trop élémentaires. Cette objection n'est nullement fondée; la formule (1) est complètement indépendante de toute formule ou hypothèse concernant la résistance de l'air.

Une autre objection tout aussi peu justifiée, c'est que les accélérations du vent changent de sens plusieurs fois par minute et que les orbes réellement décrites par les oiseaux voiliers durent beaucoup plus longtemps que ces fluctuations du vent. Cette observation prouve seulement que, à cause de leur masse relativement considérable et conformément en cela à la théorie : *les voiliers n'utilisent pas, pour le vol à voile, les fluctuations rapides du vent.*

D'ailleurs si les oiseaux volaient suivant la théorie de M. Nordmann, on les verrait — ce qui n'a pas été observé — osciller fortement dans le sens vertical, car ils doivent forcément tomber à chaque annulation de β.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur l'étude aérodynamique des ailes d'oiseaux et des voilures souples.* Note (¹) de MM. E. **Huguenard**, A. **Magnan** et A. **Planiol**, présentée par M. Rateau.

L'étude aérodynamique des voilures quasi indéformables des avions usuels se résume habituellement par la détermination des deux coefficients c_x et c_z de résistance et de portance en fonction de l'angle d'incidence i de la surface étudiée avec la direction du vent.

Si l'aile est souple, les coefficients c_x et c_z sont fonctions, non seulement de l'incidence i, mais encore de la vitesse V du vent par rapport à l'aile, vitesse qui la déforme plus ou moins. L'étude complète d'une telle surface conduira donc, non plus à une polaire, mais à une famille de polaires correspondant chacune à une valeur déterminée de la vitesse. Une difficulté très grave se présente alors si l'on veut faire l'étude sur un modèle réduit, car il faudra réaliser une maquette fléchissant exactement de la même manière que l'aile sous la même vitesse ou sous telle vitesse reliée à la vitesse d'utilisation réelle par une loi de similitude admise. Or, on ne connaît pas *a priori* la répartition des efforts exercés par le vent sur l'aile, sans quoi l'étude serait inutile. Il est donc impossible d'opérer sur un modèle réduit et il faut utiliser le vent naturel à l'étude aérodynamique des surfaces souples en vraie grandeur.

Nous avons imaginé un procédé permettant cette étude malgré la variabilité du vent et fournissant en même temps la solution du problème de l'étude des surfaces souples ou fixes dans un vent irrégulier.

L'avion est suspendu à un portique par trois fils verticaux AB, CD, EF (*fig.* 1), fixés chacun, à leur partie supérieure, à un ressort et, à leur partie inférieure, les deux premiers au bord d'attaque en deux points des ailes, le troisième à la queue. Des points B et D partent, dans le plan vertical ABCD, deux autres fils BG et DG qui sont reliés à un dynamomètre placé en G. Du point F part un fil vertical FH qui s'attache en H à un autre dynamomètre. Ces deux dynamomètres G et H mesurent deux composantes verticales de la portance. En B et D s'attachent aussi deux fils horizontaux BI et DJ reliés à des dynamomètres servant à mesurer la résistance. Enfin un fil horizontal FK, tiré par un contrepoids vers l'arrière,

(¹) Séance du 2 janvier 1924.

sert à raidir tout le système des fils. L'ensemble est ainsi suffisamment rigide pour que toutes les mesures s'effectuent sans déformation sensible. L'incidence de l'aile peut être modifiée en déplaçant ses points d'attache sur le système funiculaire qui reste invariable.

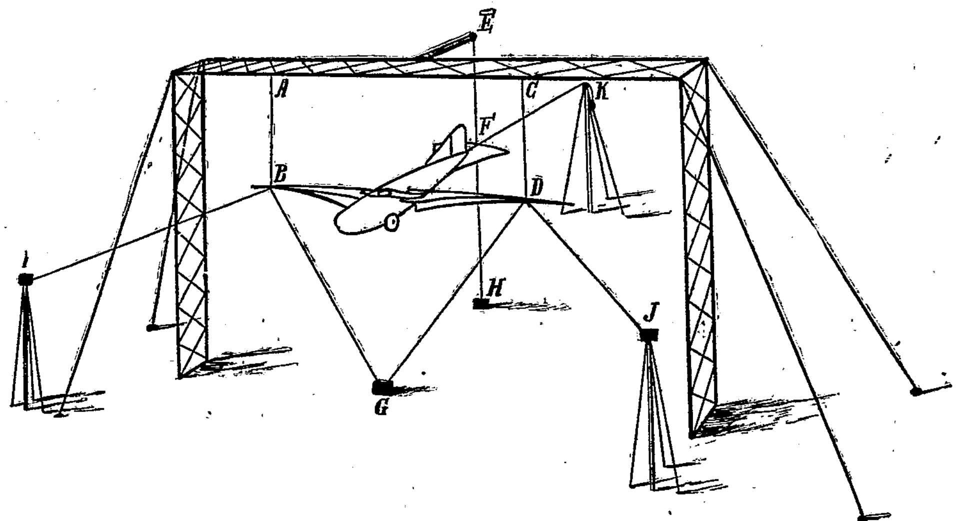


Fig. 1.

Les appareils de mesure comprennent : 1° des dynamomètres à piston à transmission liquide à haute pression reliés à un manomètre à enregistrement photographique qui permettent l'inscription, dans de bonnes conditions, des variations des efforts dont la durée est voisine d'un dixième de seconde, appareils utilisés par l'un de nous depuis 1917 à la mesure des poussées exercées sur des projectiles par un courant d'air à très grande vitesse (500 m : s) (¹); 2° des anémomètres à fil chaud à compensation susceptibles de suivre aisément les variations de la vitesse du vent d'une durée d'un dixième de seconde (²); 3° des indicateurs de la direction instantanée du vent, à fils chauds, de même période que les anémomètres (³).

Ce dispositif peut recevoir quelques modifications pour lui permettre d'effectuer des mesures sur des oiseaux de grande envergure et de

(¹) Huguenard et Sainte-Laguë, *Laboratoire aérodynamique à grande vitesse* (*Rapports*), 27 octobre et 15 décembre 1917.

(²) Huguenard, Magnan et Planiol, *Sur un anémomètre à fil chaud à compensation* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 287).

(³) Huguenard, Magnan et Planiol, *Sur un appareil donnant la direction instantanée du vent* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 663).

rechercher si les qualités aérodynamiques des ailes d'oiseaux morts peuvent être comparées à celles des voilures artificielles souples ou rigides et restent comparables à leurs propriétés vivantes déduites du vol.

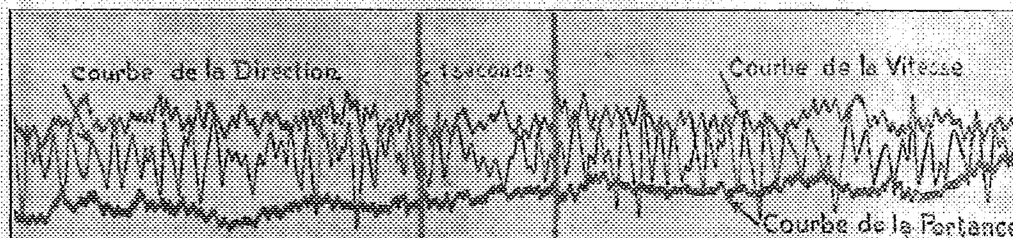


Fig. 2.

Les mesures s'effectuent en enregistrant simultanément : 1° les efforts horizontaux et verticaux dus au vent; 2° la vitesse instantanée du vent; 3° les passages simultanés du vent par l'horizontale et la direction normale au bord d'attaque de l'aile.

A titre d'exemple, la figure 2 représente l'enregistrement obtenu en plaçant dans le vent d'une hélice une maquette d'aile dont le bord d'attaque seul était relié à un dynamomètre à piston qui mesurait la composante de la portance, passant par le bord d'attaque. Sur la même bande se trouvent enregistrées aussi la vitesse instantanée du courant d'air et sa direction instantanée dans le plan vertical perpendiculaire au bord d'attaque. Les valeurs instantanées de la portance et de la résistance, quand elle est inscrite, sont fournies par les points des enregistrements qui sont sur les ordonnées passant par les intersections de la courbe de la direction du vent avec la droite des inclinaisons nulles.

Pour une incidence donnée, on obtient ainsi les valeurs de c_x et c_z en fonction de la vitesse V du vent. En changeant l'incidence et en faisant chaque fois un enregistrement dans les mêmes conditions que précédemment, on détermine la nouvelle série des valeurs de c_x et c_z en fonction de V correspondant à la nouvelle incidence. Avec un nombre suffisant d'enregistrements, une douzaine par exemple, on a la famille de polaires de l'aile.

La comparaison des résultats acquis pour des variations lentes de la vitesse du vent et de ceux que donnent des variations plus rapides fournit des indications sur la durée d'établissement du régime d'écoulement de l'air autour de l'aile. L'intégration des efforts supportés par l'aile entre deux époques convenablement choisies permet d'étudier l'effet d'un vent variable,

en grandeur et en direction, sur l'aile souple. La méthode s'applique sans modification à des ailes ou à des avions rigides et autorise d'intéressantes comparaisons avec les essais de modèles réduits en soufflerie.

RELATIVITÉ. — *Sur la déviation einsteinienne des rayons lumineux par le Soleil.* Note [1] de M. ERNEST ESCLANGON.

Peut-on actuellement considérer comme établie astronomiquement la loi théorique d'Einstein concernant la déviation des rayons lumineux par le Soleil ?

Les observations de l'éclipse de 1922 par MM. Campbell et Trumpler, observations dignes d'une grande admiration par le soin extrême avec lequel elles furent exécutées, ne permettent de conclure, à notre avis, ni dans le sens de l'affirmative, ni dans le sens de la négative.

D'après la relativité, la déviation s'exprime par la formule analytique simple $d = \frac{a}{r} = \frac{1'',74}{r}$ (r distance au centre du Soleil, en rayons solaires) contenant une seule constante a. La vérification doit consister à montrer que les observations : 1° sont conformes à la loi analytique de variation ; 2° que la constante a à laquelle elles conduisent est bien celle d'Einstein.

Examinons maintenant le résultat des observations de MM. Campbell et Trumpler.

Sur la figure on a porté en abscisses les distances r au centre du Soleil; en ordonnées les déviations mesurées [2]. Le diamètre des petits disques noirs est proportionnel au poids des observations qu'ils représentent. Admettons que les déviations mesurées correspondent bien à une réalité et non à quelque effet systématique tenant aux instruments ou à une déformation du cliché pendant la pose, le développement, le séchage [3], etc.

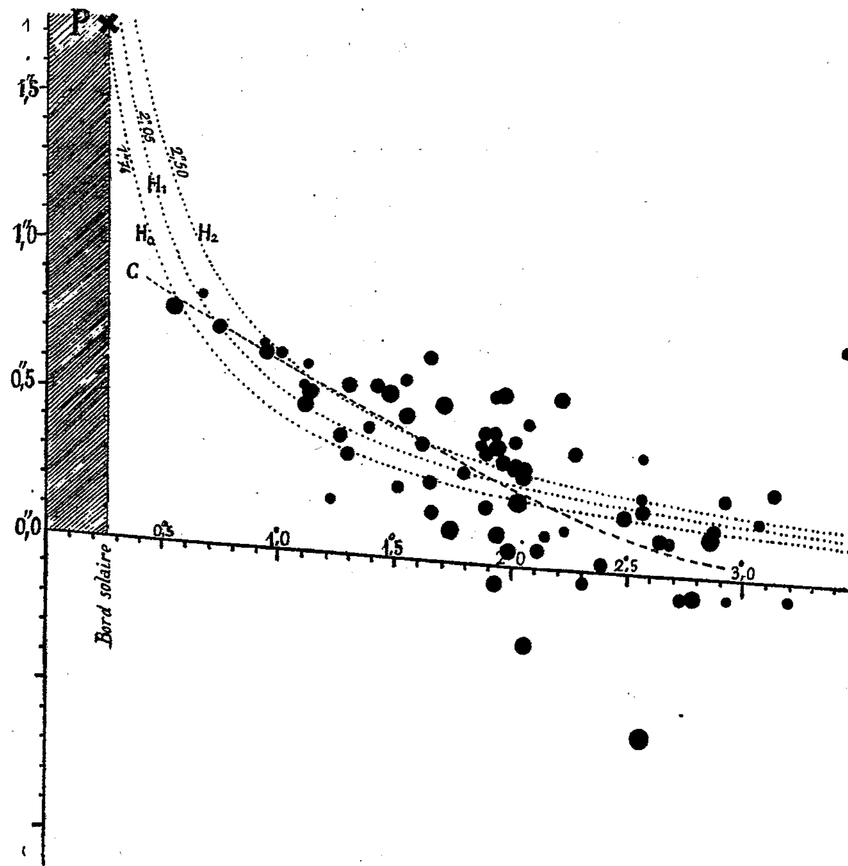
---

(1) Séance du 2 janvier 1924.

(2) Sur les déviations portées en ordonnées, on a fait les corrections fournies par les plaques de contrôle obtenues en photographiant un champ stellaire auxiliaire. La faible obliquité des axes de coordonnées provient de la légère différence d'échelle entre les photographies du champ stellaire de l'éclipse obtenues pendant l'éclipse et en dehors de l'éclipse.

(3) Les diverses parties de la plaque étant, pendant l'éclipse, très inégalement impressionnées à partir du bord solaire (couronne), il est à redouter que le développement et le séchage n'introduisent des effets systématiques radiaux. Peut-être est-il regrettable que l'image d'un réseau n'ait pas été préalablement fixée sur les clichés ainsi qu'on le fait pour la Carte du Ciel.

I. Dire que ces observations s'accordent avec la loi analytique $d = \frac{a}{r}$ c'est regarder comme établi que la courbe *naturellement* définie par l'ensemble des points de la figure est une hyperbole (l'hyperbole H_0), laquelle,



extrapolée, doit en outre passer par le point P, représentant la déviation sur le bord solaire. L'aspect de la figure ne permet manifestement pas de tirer semblable conclusion.

Dans l'*intervalle* ($r = 32'$ $r = 3°30'$) où il existe des observations, *ces* observations seraient plus naturellement représentées par une courbe telle que C, éloignée de la forme hyperbolique et ayant quelque analogie avec une courbe de réfraction. Mais, étant donnée la *dispersion* considérable des points expérimentaux, d'*autres* observations *pourraient* conduire à des résultats géométriquement très différents.

II. Admettons que la *représentation hyperbolique* soit légitime, ou, ce qui

est plus exact, faisons *spéculativement* cette hypothèse ([1]). On peut calculer alors la valeur la plus probable à donner au paramètre a que contient cette représentation. Le calcul a été fait par MM. Campbell et Trumpler; on trouve $a = 2'',05$ au lieu de $1'',74$. L'hyperbole H_1 de la figure exprime cette représentation. On ne peut attacher une grande signification à ce résultat en raison de la grande dispersion des points représentatifs, par conséquent de la grande valeur des résidus dont *beaucoup* sont supérieurs aux quantités à représenter. En outre, la région des points-observations obtenus est peu sensible dans le calcul de la constance a. En d'autres termes, une faible erreur dans l'évaluation des déviations mesurées entraîne des variations considérables dans la détermination du paramètre a, par cette voie algébrique particulière que l'aspect de la figure doit faire regarder comme purement spéculative.

On ne saurait donc dire, même avec cette hypothèse de représentation hyperbolique, que les observations conduisent bien à la constante d'Einstein $a = 1'',74$.

La conclusion sincère à tirer, est que *ces* observations sont encore impuissantes à élucider la question posée. Elles *ne confirment ni n'infirment* la loi de déviation d'Einstein. Elles semblent indiquer seulement, si l'on peut écarter vraiment toute hypothèse d'erreurs systématiques, l'existence de déviations au voisinage du Soleil sans qu'on puisse en fixer la loi, ni l'exacte grandeur au bord solaire. En outre il est possible, sinon même probable, qu'elles résultent de la superposition de phénomènes distincts : réfraction dans l'atmosphère solaire; réfraction cosmique de Courvoisier assez mal connue, de l'ordre de $0'',5$ à quelques degrés du Soleil, de quelques dixièmes de seconde peut être encore, à 50° de cet astre; enfin déviation einsteinienne.

La question reste donc en suspens. Si l'on en juge par le soin avec lequel ont été préparées et réalisées les observations de MM. Campbell et Trumpler, on voit qu'elle comporte de grandes difficultés, peut-être insurmontables même, en ce qui concerne la *discrimination* de l'effet de relativité. Dans

---

([1]) On pourrait étant donné l'aspect de la figure, tout aussi légitimement, plus légitimement même, en faire d'autres; représenter les résultats par $d = \alpha + \beta r + \gamma r^2$, ou $d = \frac{\alpha}{r^2} + \frac{\beta}{r}, \dots$

Ces représentations seront d'autant meilleures qu'elles contiendront plus de paramètres; mais elles seront toutes mauvaises, en raison de la grande dispersion des points-observations.

tous les cas, de nombreuses et nouvelles observations d'éclipses, venant s'ajouter à celles déjà acquises, paraissent nécessaires et désirables pour traiter le problème sur des bases de plus en plus solides et plus sûres.

RADIATIONS. — *Les variations de longueur d'onde des rayons X par diffusion et la loi de Bragg.* Note [1] de MM. E. **Friedel** et F. **Wolfers**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note récente [2], l'un de nous avait cherché quelles conséquences pouvait avoir, quant à la réflexion par les cristaux et la spectrographie des rayons X, le phénomène découvert par A.-H. Compton (changement de longueur d'onde par diffusion).

Dans sa dernière publication du mois dernier [3], M. Compton admet que, dans les cristaux généralement utilisés pour les mesures de longueur d'onde, *les électrons sont trop fortement liés pour donner lieu au phénomène* qu'il avait mis en évidence dans des corps de faible poids atomique : cela rend sans objet les considérations énoncées dans la Note en question. Cependant, nous croyons nécessaire de rectifier une erreur qui s'y était glissée et qui modifie la conclusion que l'on en devait tirer quant aux phénomènes du second ordre : Il n'est pas possible d'en tirer une explication des écarts entre la formule de Bragg et les résultats d'observation.

Si l'on développe le calcul *sans faire d'approximation*, on aboutit à l'équation

$$\lambda_i = -\frac{\Delta\lambda}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{\Delta\lambda^2 + \frac{8a^2}{K^2}\sin^2\alpha\left(1 + \sqrt{1 + \frac{K^2\Delta\lambda^2}{4a^2\sin^4\alpha}}\right)}$$

(λ_i, longueur d'onde incidente; $\Delta\lambda$, variation de la longueur d'onde par diffusion; a, équidistance; K, ordre de la réflexion; 2α, angle mesuré entre le prolongement du rayon incident et le rayon réfléchi).

Si l'on néglige les termes en $\Delta\lambda^4$, cette équation donne la solution approchée

$$\lambda_i = \frac{2a}{K}\sin\alpha\left[1 - \frac{K\,\Delta\lambda}{4a\sin\alpha} + \frac{K^2\Delta\lambda^2(1+\sin^2\alpha)}{32\,a^2\sin^4\alpha}\right].$$

D'où finalement, pour la correction $\delta\lambda$ qu'il faut retrancher de la valeur

---

(1) Séance du 2 janvier 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 759.

(3) *Phil. Mag.*, t. 46, 1923, p. 897.

de λ tirée de la loi de Bragg pour en déduire λ_i,

$$\partial\lambda = \frac{\Delta\lambda}{2} - \frac{K(1 + \sin^2\alpha)\,\Delta\lambda^2}{16\,a\,\sin^3\alpha}.$$

En portant dans cette formule les valeurs de $\Delta\lambda$ données par M. Compton ($\Delta\lambda = 0,0484 \sin^2\alpha$) on obtient des écarts qui, loin de correspondre à ceux qui ont été observés, sont à peu près du même ordre de grandeur mais *de signe contraire*. Il y a plus : pour que l'on puisse expliquer par un changement de longueur d'onde lors de la diffusion dans le cristal les écarts observés, il faudrait que ce changement consistât :

Soit en une augmentation de longueur d'onde qui, contrairement à la formule de Compton, décroîtrait quand l'angle α croît;

Soit en une diminution, d'autant plus forte que l'angle α serait plus grand.

Ces deux hypothèses paraissent d'ailleurs aussi difficilement admissibles l'une que l'autre. Ce n'est donc très probablement pas par l'hypothèse d'un changement de longueur d'onde par diffusion que l'on arrivera à interpréter les écarts en question, en admettant qu'ils ne correspondent pas à des causes d'erreur qui auraient échappé à l'attention des expérimentateurs.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les hauteurs dans le spectre-éclair des raies de résonance et des raies ultimes des éléments ayant plusieurs systèmes de séries.* Note (¹) de M. F. **Croze**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note précédente (²), j'ai fait remarquer que les raies de résonance des spectres qui comprennent plusieurs systèmes de séries ne sont en même temps les raies ultimes de ces spectres que si elles correspondent à des combinaisons entre des termes appartenant à un même système de séries. Il est nécessaire de tenir compte de ce fait pour interpréter, suivant les principes de la théorie de Saha, les observations sur les hauteurs dans le spectre-éclair des raies de résonance des divers éléments.

Depuis les travaux de Saha, on sait que le degré d'ionisation des gaz et des vapeurs de l'atmosphère solaire doit augmenter à mesure que l'on considère des couches atmosphériques de plus en plus élevées, dans lesquelles

---

(¹) Séance du 2 janvier 1924.

(²) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1285.

par conséquent la pression est de plus en plus faible. Pour un élément chimique dont l'ionisation, incomplète dans les régions les plus basses de la couche renversante, peut devenir complète dans les régions élevées de la chromosphère, on doit dès lors diviser l'atmosphère solaire en deux couches principales : une couche basse qui contient des atomes neutres de l'élément chimique considéré, une couche élevée qui contient seulement des atomes ionisés.

Les *raies d'arc* de cet élément ne s'élèveront donc pas plus haut que la limite supérieure de la courbe la plus basse, puisqu'elles sont dues aux atomes neutres. Comme d'ailleurs la proportion de ces atomes neutres devient de plus en plus faible à mesure qu'on s'élève, celles de ces raies d'arc qui monteront le plus haut seront naturellement celles que M. de Gramont a appelées les *raies ultimes* (¹).

Mais on a souvent considéré [Saha (²), Russell (³)] que ces raies ultimes, qui doivent fournir le procédé le plus sensible pour savoir jusqu'à quelle hauteur de l'atmosphère solaire on trouve encore des atomes neutres des divers corps présents dans le Soleil, ne sont autres que les raies de résonance de ces corps. C'est bien en effet, d'après les observations de Mitchell (⁴), ce qui se trouve réalisé dans tous les cas où les raies de résonance d'un élément correspondent à des combinaisons entre des termes appartenant à un même système de séries. C'est ce qu'on a observé en particulier sur le spectre d'arc du chrome, dont les raies de résonance sont les trois raies du premier triplet $1s - 2p_i^a$ (λλ 4254,3; 4274,8; 4289,7) de l'une des séries principales que contient ce spectre. De toutes les raies d'arc du chrome, ce sont ces trois raies qui sont les plus persistantes d'après M. de Gramont, et qui, d'après Mitchell, s'élèvent le plus haut dans l'atmosphère solaire.

Les choses se passent tout autrement quand les raies de résonance correspondent à des combinaisons entre des termes appartenant à des systèmes de séries différents : c'est ce que montre l'examen des spectres d'arc du magnésium et du manganèse.

Comme tous les corps de la colonne II du tableau périodique, le magné-

---

(¹) A. de Gramont, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 37.

(²) Meg Nad Saha, *Phil. Mag.*, 6ᵉ série, t. 41, 1920, p. 275; *Proc. Roy. Soc.*, A. 99, 1921, p. 147.

(³) N.-H. Russell, *AP. J.*, t. 55, 1922, p. 354.

(⁴) S.-A. Mitchell, *AP. J.*, t. 38, 1913, p. 407-495.

sium a pour raie de résonance une raie de symbole $IS - 2p_2$, combinaison entre le terme IS d'un système de séries de raies simples et le terme $2p_2$ qui appartient à un système de séries de triplets. Cette raie, bien connue, a pour longueur d'onde λ4571 A; contrairement à ce qui arrive pour les raies de résonance des autres métaux de la colonne II, elle se trouve donc dans une région du spectre solaire commodément observable; il est même assez étonnant que Saha ait pu écrire que cette raie « se trouve dans la région du spectre que notre atmosphère absorbe » (1). Elle figure d'ailleurs parmi les raies dont la hauteur dans le spectre-éclair a été mesurée par Mitchell. Mais, alors que Mitchell a obtenu des hauteurs égales respectivement à 1200^{km}, 1000^{km} et 700^{km} pour les trois raies du triplet (*b*) de symbole $2p_i - 1s$, des hauteurs égales à 7000^{km} et à 6000^{km} pour les raies du triplet $2p_i - 3d$ (λλ 3838,3; 3832,3; 3829,4), il a trouvé pour la raie de résonance Mg λ4571 une hauteur de 400^{km} seulement. Ce fait ne peut se concilier avec les principes de la théorie de Saha que si l'on admet que les raies de résonance ne sont pas des raies ultimes quand elles correspondent à des combinaisons entre des termes appartenant à des systèmes de séries différents.

L'examen du spectre de manganèse conduit à une conclusion identique. Les raies de résonance du manganèse, $IS - 2p_{2,3}$ (λλ 5432,6; 5394,7) correspondent également à des combinaisons entre des termes appartenant à des systèmes de séries différents. Ces raies s'élèvent à une hauteur moitié moindre que celle (750^{km}) qui est atteinte par les raies qui forment le premier triplet $IS - 2P_i$ (λλ 4030,3; 4033,1; 4034,5) de l'une des séries principales du manganèse, et qui, d'après M. de Gramont, sont les raies ultimes de cet élément.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre d'absorption ultraviolet du gaz ammoniac.* Note (2) de M. FERRIÈRES, présentée par M. A. Cotton.

Je me suis proposé de reprendre les études de MM. Duclaux et Jeantet (3) sur l'absorption que le gaz ammoniac exerce dans l'ultraviolet, et d'obtenir des valeurs numériques caractérisant cette absorption.

Les mesures ont été faites par photographie. Un spectroscope à deux

(1) MEG NAD SAHA, *Phil. Mag.*, 6e série, t. 40, 1920, p. 816.

(2) Séance du 2 janvier 1924.

(3) *Journal de Physique*, 6e série, t. 4, 1923, p. 115.

prismes de quartz, collimateur à miroir et objectif de quartz [1] donnant une dispersion de 2 à 3 Å par millimètre, a été utilisé pour les longueurs d'onde plus grandes que 2100. Pour les longueurs d'onde plus petites, les photographies ont été faites avec un spectroscope à prisme et objectif de fluorine [2] donnant une dispersion de 13 à 15 Å par millimètre.

Les plaques utilisées ont été enduites d'huile fluorescente suivant la technique indiquée par MM. Duclaux et Jeantet.

La source de lumière était une lampe à vapeur de mercure dans le quartz, qui donnait entre les raies du mercure un fond continu assez intense pour qu'on pût y étudier les bandes d'absorption. Le gaz ammoniac pur était contenu dans des tubes de verre fermés par des lames de quartz; tandis que la pression du gaz variait de 5^{mm} de mercure jusqu'à la pression atmosphérique, la longueur des tubes passait de $0^{m},02$ à 2^{m}.

Les coefficients d'absorption ont été déterminés par la méthode employée par MM. Fabry et Buisson pour l'étude de l'ozone [3].

Elle consiste à photographier sur une même plaque, avec des temps de pose égaux, le spectre qui a subi l'absorption qu'on veut évaluer, et une série de spectres de la même source après réduction de l'intensité dans des rapports connus, en diaphragmant le faisceau lumineux, à la sortie du prisme, par des ouvertures de différentes grandeurs. Pour chaque longueur d'onde, on mesure au microphotomètre les noircissements de la plaque dans chacun de ces spectres, et l'on détermine par interpolation la réduction d'intensité égale à celle produite par le milieu interposé.

Résultats. — Le spectre d'absorption du gaz ammoniac présente une large bande continue qui commence assez nettement vers 2265 Å et s'étend vers les petites longueurs d'onde en augmentant rapidement d'intensité. Le coefficient d'absorption a, défini par la relation $i = i_0\, 10^{-ax}$, où x est l'épaisseur en centimètres de gaz à la pression atmosphérique, a les valeurs suivantes :

Pour 2270 Å	0,001
» 2232 Å	0,04
» 2190 Å	0,17
» 2149 Å	0,96
» 2103 Å	2,3

(1) *Journal de Physique*, 4e série, t. 9, 1910, p. 932.
(2) *Annales de la Fac. des Sc. de Marseille*, t. 22, fasc. IV, 1915, p. 221.
(3) *Journal de Physique*, 5e série, t. 3, 1913, p. 196.

A cette bande se superposent des bandes plus étroites, dont les cinq premières ont été résolues en triplets, dans lesquels les deux raies de plus petites longueurs d'onde sont les plus intenses. Le tableau suivant donne les longueurs d'onde des raies de ces triplets, ainsi que les valeurs du coefficient d'absorption pour les raies les plus intenses de chaque bande et pour l'intervalle de ces raies (¹).

λ.	a.	λ.	a.	λ.
2247......	»	2171......	»	2086
2245......	0,22	2167......	5,5	2083
»	0,13	»	3,3	»
2239......	0,21	2163......	4,5	2079
2213......	»	2129......	»	
2211......	1,65	2126......	»	
»	1,07	»	4,7	
2206......	1,54	2122......	»	

Les valeurs élevées de ces constantes d'absorption expliquent l'élargissement des raies et la formation de larges bandes par la réunion de plusieurs raies, lorsque la pression ou l'épaisseur augmentent. A la pression atmosphérique, une épaisseur de 2^{cm} de gaz ammoniac ne laisse apparaître que le premier groupe, les suivants étant largement étalés. Sous une épaisseur de 2^{m}, toutes les raies ci-dessus ont disparu sans qu'il en apparaisse de nouvelles vers les grandes longueurs d'onde; on ne voit que le début de la bande générale vers 2265 Å et, dès 2260 Å, l'absorption est devenue totale.

Le cinquième groupe a été mesuré dans le spectre d'absorption produit par 2^{cm} de gaz ammoniac, sous la pression de 5^{mm} de mercure. Sur le même spectre, on voit des groupes de longueur d'onde plus petites, non résolus en raies mais qu'une plus faible masse absorbante permettrait probablement de séparer comme les groupes précédents. Les longueurs d'onde moyennes de ces bandes sont :

2044, 2007, 1972, 1938, 1903 angströms.

Une dernière bande d'absorption a son origine vers 1867 Å.

En résumé, le spectre d'absorption du gaz ammoniac se compose d'une série de triplets répartis suivant une loi régulière : sauf le premier, tous ont

(¹) Les deux premiers groupes n'ont pas été indiqués par MM. Duclaux et Jeantet.

pour fréquences moyennes des nombres dont les différences successives s'écartent peu de 900.

L'absorption commence vers 2265 Å et augmente très rapidement quand la longueur d'onde diminue. Vers 2100 Å, une épaisseur de 1^{cm} de gaz ammoniac à la pression atmosphérique suffit à réduire à moins de $\frac{1}{200}$ l'intensité de la radiation incidente.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la tension superficielle qui s'exerce à la surface de séparation de l'eau et d'un liquide organique en présence des acides gras et des alcalis.* Note de MM. **René Dubrisay** et **Pierre Picard**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Dans une Note antérieure (1), nous avons signalé l'influence de la carbonatation des alcalis et de l'addition de certains électrolytes sur un phénomène découvert par M. Donnan (2) et utilisé par l'un de nous en acidimétrie (3). Nous nous proposons d'exposer aujourd'hui l'influence de la nature des acides gras employés et de leur concentration dans le liquide organique.

1° *Nature des acides gras.* — Donnan avait indiqué que le phénomène découvert par lui ne se manifestait que pour les acides gras proprement dits, à partir de l'acide laurique. Il nous a paru intéressant de comparer entre eux divers termes de la série. Pour cela, nous avons dissous dans de la benzine une proportion fixe d'acide (0,5 pour 100) et dans cette solution nous avons fait écouler lentement des liqueurs de soude au titre N/1250 et N/2500 en mesurant le volume correspondant à un nombre invariable de gouttes. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant. Dans la dernière colonne de ce tableau nous avons indiqué, en outre, le nombre de gouttes observé en introduisant dans la phase aqueuse 1 pour 100 de chlorure de sodium.

(1) René Dubrisay et Pierre Picard, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 589.

(2) Donnan, *Zeits. für Physik. Chem.*, t. 31, 1899.

(3) René Dubrisay, *Comptes rendus*, mars, juin et décembre 1913; *Annales de Chimie*, janvier 1918.

TABLEAU I.

Nature de l'acide dissous dans la benzine.	Formule de l'acide.	Volume de 10 gouttes avec la soude		
		N/1250.	N/2500.	N/2500 additionnée de 1 °/₀ de NaCl.
		cm³	cm³	cm³
Benzine pure......	»	2,56	2,62	2,60
Laurique.........	$C^{12}H^{24}O^2$	1,84	»	»
Myristique........	$C^{14}H^{28}O^2$	1,28	1,58	0,24
Palmitique........	$C^{16}H^{32}O^2$	0,26	0,32	0,02
Stéarique.........	$C^{18}H^{36}O^2$	0,06	0,10	0,01
Oléique...........	$C^{18}H^{34}O^2$	0,30	0,78	0,06
Erucique.........	$C^{22}H^{42}O^2$	0,22	0,72	0,04
Ricinoléique.......	$C^{18}H^{34}O^3$	»	1,36	0,66

Pour les acides saturés, le phénomène est donc d'autant plus marqué que le poids moléculaire est plus élevé. Les acides éthyléniques sont moins actifs, et l'acide ricinoléique (acide alcool) est le moins actif de tous. En outre, le chlorure de sodium agit dans tous les cas dans le sens déjà signalé à propos des oléates.

2° *Effet de la concentration.* — Nous avons étudié l'effet de la concentration pour les acides stéariques, oléiques et ricinoléiques. Les résultats sont consignés dans les tableaux suivants. On y fait figurer en regard des concentrations en acide dans les solutions benzéniques le volume correspondant à l'écoulement de 10 gouttes d'eau ou de soude à divers degrés de dilution.

TABLEAU II. — *Acide stéarique.*

Concentration en acide gras (p. 100).	Volume de 10 gouttes.		
		Soude.	
	Eau.	N/2500.	N/1250.
0..................	2,78	2,60	2,56
0,0625..............	2,70	//	0,80
0,125..............	//	1,86	0,50
0,250..............	2,54	0,90	0,17
0,500..............	2,38	0,10	0,05
1,000..............	2,08	//	//

TABLEAU III. — *Acide oléique.*

Concentration en acide gras (p. 100).	Volume de 10 gouttes. Eau.	Soude. N/1250.	N/625.
0	2,79	2,58	2,40
0,625	1,90	0,50	0,24
1,25	1,66	0,56	0,26
2,50	1,50	0,80	0,34
5,00	1,40	1,16	0,70
10	1,39	1,34	1,16

TABLEAU IV. — *Acide ricinoléique.*

Concentration en acide gras (p. 100).	Volume de 10 gouttes. Eau.	Soude. N/1250.	N/625.
0	2,79	2,58	2,40
0,625	2,20	1,06	0,90
1,250	2,06	1,00	0,78
2,50	2,00	0,64	0,46
5,00	1,80	0,88	0,70
10	1,69	0,92	0,80

Pour l'acide stéarique, on est limité par la solubilité de l'acide dans la benzine. Pour les acides oléiques et ricinoléiques, la tension superficielle commence par décroître quand la concentration augmente, passe par un minimum et croît à nouveau en tendant vers la valeur observée en l'absence d'alcali.

Dans notre précédente Communication, nous avions attribué l'action des électrolytes et en particulier du chlorure de sodium à la propriété qu'ont ces sels de relarguer les savons. Nous admettions que l'addition d'un semblable corps qui diminue la solubilité d'un savon dans l'eau doit en provoquer la condensation sur la couche superficielle et par suite en augmenter l'effet sur la tension capillaire.

Ce point de vue concorde avec le fait que pour les acides saturés l'intensité du phénomène augmente avec le poids moléculaire. En outre, l'acide oléique et l'acide ricinoléique dont les sels alcalins sont plus solubles sont aussi les moins actifs.

Par contre cette conception ne semble pas permettre d'interpréter les

minima observés dans les cas des acides oléiques et ricinoléiques. Cette particularité peut être rattachée aux idées de M. Mac Bain ([1]), qui admet dans les savons l'existence de molécules acides qui d'après M. Walker ([2]) agiraient sur la tension superficielle moins activement que les molécules neutres.

Quoi qu'il en soit, ces résultats fournissent entre divers acides gras des caractères distinctifs bien nets et précisent les conditions dans lesquelles il convient de se placer pour obtenir le maximum de sensibilité en analyse physico-chimique.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur le déplacement des acides par diffusion.* Note ([3]) de M. **E. Demoussy**, transmise par M. L. Maquenne.

L'accumulation de certaines matières minérales par les végétaux est explicable par les seules lois de la diffusion, comme Dehérain l'a montré, lorsqu'elles trouvent dans les tissus une cause d'insolubilisation. L'absorption élective de substances solubles est plus difficile à comprendre et a donné lieu à diverses hypothèses; la constitution chimique des parois organiques pourrait jouer un rôle dans cette sélection (Overton).

M. P. Girard ([4]) a envisagé sous un autre jour le rôle sélectif des membranes dans le cas particulier, fréquent dans la nature, où elles séparent des liquides inégalement acides. Il y aurait accumulation d'ions H^+ sur la face en contact avec la solution la plus acide, d'où obstacle au passage des cations métalliques, surtout plurivalents. La dialyse d'un mélange d'un sel et d'un acide, autre que celui du sel, conduit à une séparation partielle : il passe proportionnellement plus d'acide que de métal. MM. Girard, Mestrezat, Morax et Li Shou Houa ont donné divers exemples de ce tri des ions ([5]).

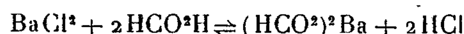
M. Li Shou Houa ([6]), étudiant la dialyse du mélange d'un sel à acide fort, très ionisé, et d'un acide faible, chlorure de baryum et acide formique, constate que la membrane laisse passer proportionnellement plus

([1]) Mc Bain, *Chem. Soc.*, t. 115, p. 1279; t. 121, p. 122.
([2]) Walker, *Chem. Soc.*, t. 119, p. 1521.
([3]) Séance du 26 décembre 1923.
([4]) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1335.
([5]) *C. R. Soc. de Biologie*, t. 87, 1922, p. 69, 144, 227, 356.
([6]) *Annales de Physique*, t. 17, p. 475.

de chlore que de baryum. Ce déplacement d'un acide fort par un acide faible ne peut pas être prévu, d'après l'auteur, par les lois des équilibres ou de l'affinité chimique.

Il m'a paru au contraire que ces changements de composition s'expliquent aisément si l'on tient compte des différences de vitesse de diffusion des corps en présence, molécules ou associations d'ions.

Il s'établira un équilibre entre les quatre constituants :



$$BaCl^2 + 2HCO^2H \rightleftharpoons (HCO^2)^2Ba + 2HCl$$

avec une forte prédominance des deux premiers, l'acide formique étant beaucoup plus faible que l'acide chlorhydrique ([1]).

Au contact d'une couche d'eau pure, ces quatre constituants diffuseront, mais avec des vitesses très différentes. L'acide chlorhydrique, beaucoup plus diffusible que les sels de baryum, s'échappera plus rapidement, plus rapidement aussi que l'acide organique moins mobile, il sortira donc du champ de la réaction; l'équilibre sera constamment rompu, et la réaction se poursuivra dans le sens →. De l'autre côté du septum il y aura formation d'une solution proportionnellement plus riche en acide, surtout en acide fort, et plus pauvre en métal que le liquide primitif.

Si cette manière de voir est exacte, il devra être possible d'effectuer des séparations semblables en l'absence de membrane, c'est-à-dire en diffusion libre. C'est ce que j'ai pu faire en ayant recours à un dispositif utilisé déjà par Graham ([2]).

A la partie inférieure d'un vase cylindrique contenant de l'eau distillée on fait couler lentement la solution à étudier. Après une dizaine de jours on siphonne volumes égaux du liquide en commençant par le haut, et on les analyse. On réalise ainsi une diffusion fractionnée; l'acide fort, très diffu-

---

([1]) Pour la commodité du langage, j'écris des molécules non dissociées; le raisonnement serait peu différent en tenant compte de l'ionisation; on envisagerait par exemple la diffusion de l'association ($H^+ + Cl^-$) en place de la molécule HCl, etc.

([2]) *Chemical and Physical Researches*, p. 565; *Phil. Trans.*, 1861, p. 183. Partant d'un mélange à poids égaux de KCl et NaCl, Graham obtenait une séparation remarquable : après 7 jours le tiers supérieur du liquide contenait deux fois autant de KCl que de NaCl, quoique les vitesses de diffusion de ces deux sels soient voisines, 100 et 84. Cette séparation par diffusion me paraît fournir l'explication la plus simple de ce fait constant, que les végétaux sont bien plus riches en potassium qu'en sodium. J'ai observé autrefois que des plantes plongeant leurs racines dans une solution équimoléculaire en KNO^3 et $NaNO^3$ peuvent absorber uniquement du potassium.

sible, gagnera plus facilement le sommet de la colonne liquide que les autres corps moins mobiles; on devra l'y retrouver en excès.

100^{cm^3} d'une solution normale en acide formique et en chlorure de calcium étaient surmontés de 600^{cm^3} d'eau; la hauteur totale était de 14^{cm}. Après 12 jours à 10°-14°, le liquide fut séparé en sept tranches (le prélèvement de la quatrième a été manqué). On titrait l'acidité, puis le chlore, qui sont exprimés en HCl; le calcium était dosé à l'état de sulfate par évaporation à sec avec un peu d'acide sulfurique; les chiffres se rapportent à 100^{cm^3}.

	I. Acidité en HCl.	II. Calcium.	III. Chlore dosé en HCl.	IV. HCl correspondant au calcium.	V. Rapport $\frac{III}{IV}$.
	mg	mg	mg	mg	
1re tranche	135	15,5	69,4	28,3	2,45
2e »	205	53,8	126,0	98,2	1,28
3e »	339	137,4	281,5	250,7	1,12
5e »	781	465	815	848	0,96
6e »	1004	635	1091	1160	0,94
7e »	1018	665	1128	1213	0,93

La tranche du haut contient deux fois et demie autant de chlore qu'il n'en faut pour saturer le calcium (V); il y a de l'acide chlorhydrique libre, 41^{mg} (III-IV), et bien entendu de l'acide formique non combiné, correspondant à 94^{mg} HCl. Pour les portions de liquide situées plus bas, l'excès relatif de chlore diminue, pour faire place, vers le milieu de la colonne liquide, à un excès de métal.

Parmi d'autres observations concordantes, je rapporterai encore les résultats d'une expérience portant sur une solution cinq fois plus étendue, 0,2N, dont 50^{cm^3} étaient mis à diffuser contre 350^{cm^3} d'eau, la hauteur totale étant de 18^{cm}.

Après huit jours, le liquide a été partagé en quatre tranches de 100^{cm^3} auxquels les chiffres sont rapportés.

	I. Acidité en HCl.	II. Calcium.	III. Chlore dosé en HCl.	IV. HCl correspondt au calcium.	V. Rapport $\frac{III}{IV}$.
	mg	mg	mg	mg	mg
1re tranche...	9,1	0,8	9,2	1,5	6,1
2e » ...	18,2	3,0	10,9	5,5	2,0
3e » ...	91	35,3	74,6	64,4	1,1
4e » ...	251	163	276	296,5	0,93

Le déplacement de l'acide fort est encore plus marqué que précédemment : à la partie supérieure il y a six fois autant de chlore que n'en exige-

rait le calcium, et les 80 centièmes de l'acidité sont dus à l'acide chlorhydrique libre.

En résumé, la diffusion fractionnée permet de mettre en évidence le déplacement d'un acide fort par un acide faible, grâce à la grande mobilité du premier, qui peut ainsi sortir du champ de la réaction. On conçoit que les choses se passent de la même façon dans la dialyse au travers d'une paroi perméable, avec cette différence que les échanges seront beaucoup plus rapides, puisque les corps en solution n'ont plus à se déplacer verticalement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les métaphosphates alcalins « insolubles ».* Note (¹) de M. **Paul Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Depuis Graham, nombre d'auteurs ont décrit des métaphosphates alcalins insolubles ou peu solubles; mais leurs travaux, parfois contradictoires, parfois difficiles à répéter, laissent l'impression qu'ils n'ont pas toujours eu entre les mains les mêmes produits, ou qu'il doit exister plusieurs types de ces sels si curieux. En reprenant l'examen de ces composés, je suis arrivé à préciser le mode de préparation, les domaines d'existence et les propriétés chimiques de deux groupes au moins de métaphosphates alcalins insolubles; les résultats sont particulièrement nets dans le cas des sels de sodium, qui feront l'objet de cette Note.

1° La décomposition par la chaleur du phosphate monosodique ou du « sel de phosphore » $PO^4H(NH^4)Na$ donne le pyrophosphate acide $P^2O^7H^2Na^2$, bientôt mêlé de métaphosphates, si la température monte trop rapidement.

En ménageant l'action de la chaleur et en attendant l'établissement d'un équilibre à chaque température, on obtient des résultats parfaitement réguliers.

Vers 250°, le pyrophosphate acide, formé en premier lieu, commence à perdre de l'eau en donnant un métaphosphate insoluble. La transformation, d'abord extrêmement lente, peut être cependant rendue complète par un chauffage suffisamment prolongé; il faut pour arriver à ces résultats :

250 heures environ	.... à	252°
30 » »	.... à	281
6 » »	.... à	320
1 heure »	.... à	355

(¹) Séance du 2 janvier 1924.

Ce métaphosphate insoluble est stable jusqu'aux environs de 477° et pour des températures plus élevées, évolue assez rapidement vers le trimétaphosphate, de façon qui paraît pratiquement irréversible. Au bout d'une heure de chauffe, la fraction de sel insoluble ainsi transformé est de :

Pour 100.		
6,5	à	478°
41	à	482
59,2-55,7	à	495
97	à	510

Si l'on veut bien se reporter à nos récentes Communications, on verra combien est compliqué le passage des phosphates monométalliques aux hexamétaphosphates : il y a d'abord formation lente de pyrophosphate acide, puis de métaphosphate insoluble; le trimétaphosphate apparaît à 477° et c'est seulement à 607° que se forme l'hexamétaphosphate. Si la chauffe a été conduite sans précautions, ces diverses transformations se chevauchent dans le temps et dans l'espace, de sorte que l'on ne peut obtenir d'hexamétaphosphate pur que par fusion à 638°, suivie d'un refroidissement extrêmement rapide.

2° On peut préparer un autre métaphosphate de sodium insoluble en chauffant au rouge naissant le méthylphosphate ou l'éthylphosphate de sodium $PO^4H(CH^3)Na$ ou $PO^4H(C^2H^5)Na$; la masse friable obtenue est lavée à grande eau pour éliminer rapidement un peu de trimétaphosphate.

Le procédé réussit à coup sûr et permet de se procurer des germes cristallins presque indispensables à la réussite d'un second mode de préparation plus pratique qui part de l'hexamétaphosphate.

Ce dernier sel est surfondu vers 550° et ensemencé à l'aide des germes précédents; on réchauffe alors prudemment pour accélérer la croissance des cristaux qui, peu à peu, envahissent toute la masse vitreuse en l'insolubilisant.

Les deux métaphosphates insolubles qui viennent d'être décrits diffèrent profondément l'un de l'autre.

Le premier, préparé à température relativement basse, se transforme facilement par surchauffe en trimétaphosphate, et réagit à peine sur l'eau bouillante et les solutions salines.

Par contre, le deuxième, obtenu à haute température, peut être chauffé, quand il est pur, sans subir de transformation appréciable. Son point de fusion, situé à 809°-811°, est supérieur de 170° à celui de l'hexamétaphosphate, et la solidification lui fait retrouver son insolubilité, soit qu'il

reprenne la forme cristalline, soit qu'on l'amène à l'état vitreux. C'est seulement quand il contient des quantités appréciables de trimétaphosphate ou d'hexamétaphosphate que la fusion le fait rétrograder rapidement vers ces formes solubles.

De plus, c'est lui et lui seul qui peut passer en solution dans l'eau à la faveur d'un peu de pyrophosphate ou de métaphosphate soluble, en donnant des liquides visqueux doués des propriétés colloïdales si curieuses que nous avons déjà signalées. C'est lui qui, mélangé a un hexamétaphosphate, donne ces sels élastiques regardés par Fleitmann comme des hexamétaphosphates, par Tammann comme des penta ou des décamétaphosphates, sans autre raison que l'analyse de soi-disant sels doubles de même consistance.

Ajoutons pour terminer que ce second sel de sodium insoluble paraît très directement apparenté aux hexamétaphosphates. Pris en effet sous forme solide, ou en solution, il donne les mêmes complexes avec les sels de fer et d'uranyle, en même temps que les solutions perdent toute viscosité.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la réduction de l'acide arsénique par l'acide sulfureux, en présence d'acide vanadique.* Note de M. **V. Auger** et Mlle **L. Odinot**, présentée par M. A. Béhal.

Parmi les méthodes de dosage titrimétrique de l'arsenic et du vanadium en présence l'un de l'autre, on a recommandé, lorsque ces deux éléments se trouvent au degré maximum d'oxydation, de réduire tout d'abord, en solution sulfurique, le seul acide vanadique qu'on titre ensuite, par oxydation au moyen du permanganate, puis ensuite de réduire, par l'action du gaz sulfureux, l'arsenic et le vanadium, et après avoir enlevé par ébullition l'excès du réducteur, de doser les deux éléments par le permanganate.

Trautmann (1), qui a essayé cette méthode, a trouvé au cours de 42 essais, qu'en présence de V^2O^5, l'acide arsénique n'est pas réduit par SO^2; nous avons voulu vérifier ses dires et rechercher les causes de cette action inhibitrice du vanadium.

Nos essais nous ont montré que l'opinion de Trautmann était mal fondée, et qu'il avait travaillé dans des conditions où l'acide arsénique est très incomplètement réduit par SO^2. En effet, si l'on fait passer pendant un

(1) Fresen, *Ztschr. f. anal. Chem.*, t. 50, 1911, p. 371.

quart d'heure à une demi-heure un courant de ce gaz dans une solution arsénique contenant environ 10 pour 100 de SO^4H^2 libre, en opérant à l'ébullition, on trouve que la réduction ne porte que sur 0,5 à 5 pour 100 de l'arsenic et les résultats sont rigoureusement les mêmes avec ou sans vanadium.

Par contre, si l'on opère comme le recommande Gooch (1) en chauffant en flacon bien bouché, pendant 1 heure au bain-marie, la solution saturée à froid de SO^2, la réduction est complète, tout l'arsenic étant passé à l'état trivalent et le vanadium à l'état de sel de vanadyle.

Nous avons alors cherché s'il ne serait pas possible, par l'emploi d'un catalyseur, d'éviter le chauffage en vase clos en facilitant l'action de SO^2; l'addition d'une faible quantité d'acide iodhydrique suffit pour obtenir ce résultat.

Une série d'essais effectués en faisant varier la quantité de l'iodure nous a montré que, pour 100^{cm^3} de solution arsénique contenant environ 10 pour 100 de SO^4H^2 libre, il suffit de $0^g,01$ de IK pour que la réduction soit totale après un quart d'heure d'action du SO^2 à chaud. Dès que l'excès de SO^2 a été chassé par ébullition, on ajoute un petit excès de NO^3Ag afin de précipiter l'iodure qui gênerait le dosage, puis on procède à l'oxydation au permanganate dans les conditions habituelles : les résultats sont parfaits en opérant à chaud et avec une solution suffisamment acide.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transformation et constitution de la disulfisatyde.* Note de MM. **A. Wahl** et **W. Hansen**, présentée par M. A. Haller.

L'identité de l'isoindigotine avec l'indine, en fixant la constitution de cette dernière (2), devait également permettre d'établir la constitution de la disulfisatyde, dont l'indine est un dérivé immédiat.

Laurent (3) a donné le nom de sulfésatyde ou de disulfisatyde au produit de la réaction de l'hydrogène sulfuré sur l'isatine. Il en a, de plus, établi la formule $C^{16}H^{12}O^2N^2S^2$ tandis qu'Erdmann (4), à la même époque, arrivait à $C^{16}N^{12}O^2N^2S^3$.

Nous avons commencé par nous assurer, par l'analyse élémentaire et

(1) Gooch, *Methods in Chem. anal.*, 1912, p. 350.
(2) A. Wahl et W. Hansen, *Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 1071.
(3) Laurent, *Ann. de Chim. et Phys.*, 3e série, t. 3, 1841, p. 469.
(4) Erdmann, *J. f. prakt. Chem.*, t. 24, 1840, p. 1.

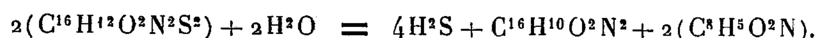
par la cryoscopie, de l'exactitude de la formule de Laurent; d'autre part, nous avons cherché à élucider le mécanisme de la transformation de la disulfisatyde en indine. Celle-ci se produit sous l'influence des alcalis, et Laurent signale qu'il se forme quelquefois un composé blanc : la sulfasatyde ou monosulfisatyde, toujours accompagnée d'indine. Cependant celle-ci devient souvent le produit principal ou exclusif de la réaction. « On n'est jamais sûr, écrit Laurent, de les produire à volonté. »

Nous avons constaté en effet que la concentration de l'alcali et la nature du milieu modifient l'allure de la transformation. Ainsi, si l'on ajoute quelques gouttes de soude caustique concentrée ou d'ammoniaque, à une solution alcoolique de disulfisatyde, sa couleur vire au rouge et, au bout de quelques secondes, il se dépose des flocons rouges d'indine. Souvent on remarque la présence de petits cristaux très brillants, qui sont constitués par du soufre. Si l'on broie la disulfisatyde avec de la soude ou de la potasse concentrée, on constate que la masse rougit, *superficiellement*. Aussi, pour réaliser une transformation complète, en indine, il faut, comme l'indique Laurent, triturer la masse dans un mortier : l'air semble donc intervenir. Pour vérifier ce point, nous avons fait agir la soude caustique sur la disulfisatyde dans une atmosphère de gaz d'éclairage, privée d'air; or, dans ces conditions, il ne se forme pas d'indine, et la solution reste claire. Mise au contact de l'air, elle se recouvre d'une pellicule d'indine et, en y faisant barboter de l'air, celle-ci ne tarde pas à se précipiter.

Enfin l'indine se forme encore, en additionnant une émulsion hydro-alcoolique de disulfisatyde, d'une solution aqueuse de carbonate de soude; le chauffage active la précipitation d'indine très pure. C'est là une excellente préparation de cette substance.

Mais, quel que soit le réactif employé, le rendement en indine ne dépasse jamais environ 40 pour 100 du poids de la disulfisatyde. L'indine n'est donc pas le produit unique de la réaction. En effet, la solution d'où elle s'est déposée, dégage de l'hydrogène sulfuré par acidification; elle est troublée par un peu de soufre et est colorée en jaune. Épuisée par de l'éther, elle fournit, par évaporation du dissolvant, des cristaux d'isatine.

La transformation de la disulfisatyde peut donc s'écrire :



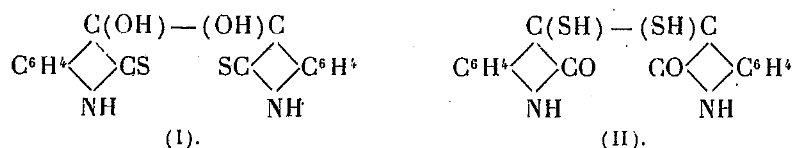
$$2(C^{16}H^{12}O^{2}N^{2}S^{2}) + 2H^{2}O = 4H^{2}S + C^{16}H^{10}O^{2}N^{2} + 2(C^{8}H^{5}O^{2}N).$$

L'indine et l'isatine obtenues représentent alors 90-95 pour 100 de la théorie pour la première et 55 pour 100 pour la seconde.

Dans le cas des alcalis concentrés il est vraisemblable que, dans ce milieu,

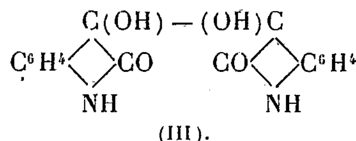
le sulfure qui prend naissance réduit l'indine en leuco-isoindigo, d'où nécessité de l'intervention de l'air pour réoxyder le leucodérivé. Bien qu'il ne nous ait pas été possible d'isoler le leuco ainsi formé, cette hypothèse est rendue vraisemblable par le fait qu'en acidifiant le produit de la réaction, effectuée à l'abri de l'air, on constate dans les gaz, à côté d'hydrogène sulfuré, la présence de l'acide sulfureux, indiquant une réduction par le sulfure.

Constitution de la disulfisatyde. — Bien que les formules dont les schémas se trouvent ci-dessous aient été proposées, aucune d'elles n'a, jusqu'ici, été étayée par l'expérience ([1]).



En se confinant dans le domaine de l'hypothèse, on pourrait également envisager la disulfisatyde comme un disulfure dans lequel les deux noyaux indoliques seraient reliés par —S—S—. Mais, dans ce cas, l'expérience peut décider. En effet, un disulfure serait dédoublé par les réducteurs en deux molécules de mercaptan. Or, lorsqu'on traite la disulfisatyde par le zinc au sein de l'acide acétique, elle fournit un composé blanc, cristallisé, dont la composition et les caractères sont ceux du leuco-isoindigo décrit précédemment par nous ([2]).

Cette réaction exclut la forme d'un disulfure, mais s'explique, au contraire, aisément en considérant la disulfisatyde comme une thiopinacone suivant la formule (II) :



L'isatyde étant elle-même, d'après les travaux de Kohn ([3]) et de ses élèves, une pinacone (III), l'analogie de ces deux substances est ainsi mise en évidence par leurs formules.

([1]) L. Lefèvre, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 19, 1916, p. 111. — Dornier et Martinet, *Ibid.*, 4e série, t. 33, 1923, p. 782.

([2]) Wahl et Hansen, *loc. cit.*

([3]) Kohn et Klein, *Mon. f. Chemie*, t. 33, 1912, p. 930. — Kohn et Ostersetzer, *Ibid.*, t. 37, 1916, p. 25.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation de la monométhylamine.* Note de M. **Marcel Sommelet**, présentée par M. A. Béhal.

On peut, en vue de la préparation de quantités un peu importantes de monométhylamine, employer soit le procédé d'Hofmann soit celui de Brochet et Cambier.

Le premier utilise la décomposition connue de l'acétamide bromée par les alcalis. M. M. François, qui en a repris l'étude, il y a quelques années [1], a montré que le rendement en amine primaire était assez faible et qu'une partie de l'azote de l'acétamide primitive se retrouvait, après la transformation, en partie sous forme d'ammoniaque, en partie sous forme d'azote gazeux; il a, plus tard [2], modifié le mode opératoire d'Hofmann et amélioré le rendement de façon notable, mais sans arriver à obtenir de la monométhylamine exempte d'ammoniaque. Il est vrai que le même savant avait indiqué [3] un moyen de fixer, sous forme de combinaison complexe mercurique insoluble, l'ammoniaque qui accompagne l'amine primaire en soumettant le mélange des deux bases à l'action de l'oxyde jaune de mercure. Ce procédé de purification est parfait, mais coûteux à appliquer en grand.

La méthode de Brochet et Cambier [4] a le gros avantage de mettre en œuvre des matières premières courantes; elle utilise, comme on sait, une réaction dont le principe est dû à Plœchl [5] et qui consiste à faire réagir à chaud l'aldéhyde formique en solution aqueuse sur le chlorhydrate d'ammoniaque. Il y a méthylation de l'ammoniaque avec distillation de produits très volatils parmi lesquels du méthylal et, comme l'a constaté plus récemment Werner [6], du formiate de méthyle. Il reste, après réaction, une liqueur aqueuse contenant, à côté de chlorhydrate de monométhylamine, du chlorhydrate d'ammoniaque non transformé, du chlorhydrate de diméthylamine (Werner), du chlorhydrate de triméthyltriméthylènetriamine et, très probablement, du chlorhydrate de triméthylamine. Le chlor-

(1) M. François, *Journ. de Ph. et de Ch.*, 6e série, t. 28, 1908, p. 342.

(2) M. François, *Ibid.*, p. 535.

(3) M. François, *Ibid.*, t. 25, 1907, p. 517 et 523.

(4) Brochet et Cambier, *Comptes rendus*, t. 120, 1895, p. 449 et 557; *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 13, 1895, p. 534.

(5) Plœchl, *D. ch. G.*, t. 21, 1888, p. 2117.

(6) Werner, *Chem. Soc.*, t. 3, 1917, p. 844.

hydrate d'ammoniaque peut être éliminé, pour la plus grande partie, par concentration méthodique et cristallisation. Les eaux mères qui proviennent de ce traitement étaient traitées différemment par Brochet et Cambier d'une part et par Werner de l'autre. Les premiers, évaporant le liquide à sec, obtenaient un extrait qu'ils épuisaient à l'alcool à 97° bouillant; ce solvant, par refroidissement, abandonnait du chlorhydrate de monométhylamine à un état de pureté déjà très avancé, mais contenant encore de petites quantités des chlorhydrates d'ammoniaque et de triméthyltriméthylènetriamine. Werner recommandait, pour séparer les principaux constituants du mélange, la concentration progressive des eaux mères qui laissent ainsi déposer d'abord le chlorhydrate de monométhylamine, puis le sel de la base secondaire. On n'obtient pas d'emblée, par ce procédé, des sels parfaitement purs.

Il est facile, en effet, en examinant le chlorhydrate de monométhylamine ainsi isolé, de constater qu'il renferme de l'ammoniaque et de la triméthyltriméthylènetriamine. La première est facile à reconnaître au moyen du réactif de Nessler et la seconde au moyen d'une solution $\frac{n}{10}$ d'iode ou d'une solution d'iodomercurate de potassium, ces réactifs devant être employés suivant les indications de M. François [1].

Ayant eu besoin de quantités assez importantes de monométhylamine, j'ai repris la réaction de Brochet et Cambier. Le chlorhydrate de la base cherchée a été isolé par concentration des eaux mères et cristallisation directe. Le sel brut se forme, dans les meilleures conditions, avec un rendement égal à 37 à 45 pour 100 du poids de chlorhydrate d'ammoniaque mis en œuvre; il retient du chlorhydrate d'ammoniaque et du chlorhydrate de triméthyltriméthylènetriamine. On peut le purifier par des cristallisations répétées dans l'alcool, mais alors avec des pertes importantes.

J'ai cherché à extraire, par traitement chimique, l'amine primaire contenue dans le sel brut. La monométhylamine, en solution aqueuse, réagit facilement sur l'aldéhyde benzoïque pour transformer celle-ci en l'imine $C^6H^5 - CH = N - CH^3$, produit liquide distillant sans décomposition à 180°, et la mise à profit de cette propriété permet d'isoler du sel brut la plus grande partie de l'amine primaire qu'il renferme. Il suffit de mettre la base en liberté par un alcali, d'épuiser la solution aqueuse obtenue au moyen

---

(1) M. François, *Journ. de Ph. et de Ch.*, 6e série, t. 28, 1908, p. 342; *Comptes rendus*, t. 144, 1907, p. 857.

d'un léger excès d'aldéhyde benzoïque, de séparer par décantation le mélange huileux d'imine formée et d'aldéhyde en excès, de rectifier à la pression ordinaire ou sous pression réduite, puis d'hydrolyser l'imine par l'acide chlorhydrique concentré. Le chlorhydrate de monométhylamine ainsi obtenu est exempt d'ammoniaque et ne renferme plus qu'une petite quantité de chlorhydrate de triméthyltriméthylènetriamine. Cette dernière base passe, en effet, à la distillation à la température de 166° voisine du point d'ébullition de la méthylimine de l'aldéhyde benzoïque par laquelle elle est entraînée. Cette impureté peut n'être pas gênante; si l'on veut l'éliminer, il suffit, après avoir isolé le chlorhydrate de monométhylamine à l'état sec, de le laver par broyage avec les $\frac{2}{5}$ environ de son poids d'alcool à 85°-90°, puis d'essorer. Après ce traitement, le sel d'amine est, sauf très rares exceptions, exempt de cette base, et après deux cristallisations dans l'alcool à 88°, il fond en tube scellé à 232°-233°,5 (température corrigée).

La méthode que je propose pour l'isolement de la méthylamine permettra une utilisation plus facile de la réaction de Brochet et Cambier; elle sera exposée avec plus de détails et d'exemples dans un autre Recueil; elle rappelle, d'ailleurs, un procédé proposé autrefois par M. M. Delépine (¹) et basé sur l'emploi de l'aldéhyde formique en vue de la séparation des trois méthylamines.

GÉOLOGIE. — *Sur l'Oligocène du Massif armoricain.*

Note (²) de M. F. Kerforne, présentée par M. Pierre Termier.

Les gisements oligocènes connus du Massif armoricain sont peu nombreux. On ne peut citer que le gisement de Chartres, au sud de Rennes, et quelques gisements isolés, curieusement alignés dans une direction NNO-SSE de Loutehel jusqu'à Nort; ce sont du Nord au Sud : Loutehel, les Brulais, Saint-Séglin, Langon, Bréhain, Saffré et Nort. Nulle part on ne connaît avec précision leur puissance ni leur substratum. Dans celui de Chartres, le mieux connu, on sait seulement qu'à quelques mètres au-dessous des calcaires marneux subordonnés aux *calcaires grossiers de Rennes*, il existe des couches argileuses et calcaires riches en fossiles rupéliens bien conservés.

Cependant les travaux de l'ancienne mine de Pontpéan, dans leur avan-

---

(¹) *Thèse de Pharmacie*, Paris, 1896.

(²) Séance du 2 janvier 1924.

cement Nord sous ce bassin, ont rencontré à la profondeur de 200^m et au toit du filon (dirigé N 160° E avec pendage 80° E) des couches tertiaires dont l'étude géologique n'a malheureusement pas été faite. Les rapports miniers disent : argiles et sables. Delage (1) parle d'argile avec lignites.

Elles doivent appartenir encore à l'Oligocène, car il serait invraisemblable que l'Éocène, qui n'est pas marin dans la localité, ait une puissance considérable.

Le mur du filon, au contraire, est constitué par des schistes briovériens avec petites intercalations gréseuses et calcaires. Il s'agit d'un affaissement par la réouverture de la fente minéralisée, attestée par la présence d'un remplissage nouveau et constant dit « glaise bleue ».

Il y a donc lieu de croire que la puissance de l'Oligocène, dans le bassin de Chartres, est beaucoup plus grande qu'on ne le pense généralement et rien ne dit qu'il n'en est pas de même dans les autres gisements, dont on ne connaît que la partie superficielle.

Vasseur (2) a émis l'hypothèse que la mer oligocène a envahi la région en remontant les vallées de la Vilaine et de l'Aff et a dessiné, à l'aide de courbes de niveau, un fjord long et étroit, venant aboutir au bassin de Rennes. Cette conception paraît être en désaccord avec les données océanographiques fournies par l'étude des sédiments oligocènes et de leur faune et le tracé ne correspond pas aux rivages de l'ancienne mer.

On a attribué d'autre part l'avancée des mers tertiaires sur le Massif armoricain à une inflexion des axes des plis primaires, à un ennoyage épirogénique. Étant donné ce qui a été constaté au toit de la faille de Pontpéan et l'importance des nombreuses failles de même direction qui existent dans la région sud de Rennes, importance que j'ai déjà mise en relief, on peut se demander s'il ne s'agit pas plutôt d'effondrements suivant ces failles, analogues à ceux qui se sont produits dans le fossé du Rhin et dans la Limagne. Alors, les dépôts oligocènes pourraient être des remplissages de fosses contemporaines comme dans ces dernières régions et leur grande puissance serait expliquée.

Cette hypothèse, que des recherches nouvelles viendront confirmer ou infirmer, mérite d'être émise dès maintenant, car, s'il en était ainsi, il y aurait possibilité de trouver du pétrole dans ces bassins comme dans ceux

---

(1) Delage, *B. S. G. Fr.*, 3e série, t. 7, 1879, p. 426. Cf. aussi Lebesconte, *B. S. G. Fr.*, 3e série, t. 7, 1879, p. 452; et Vasseur, *Thèse*, 1881.

(2) *Loc. cit.*

d'Alsace et de Limagne, mais les réserves les plus rigoureuses doivent être faites sur la quantité. Les dégagements d'eau salée et de gaz explosifs, constatés dans la mine de Pontpéan pendant son exploitation [1], pourraient provenir du toit du filon.

Des recherches dans ce sens auraient, en tout cas, l'avantage d'avoir un intérêt scientifique considérable et seraient plus judicieuses que dans nos terrains primaires, qui ne paraissent pas devoir contenir de pétrole. Quant au Trias, il n'existe pas en Bretagne.

MÉTÉOROLOGIE. — *La variation diurne de la direction du vent à Strasbourg et la théorie du fœhn.* Note [2] de M. **J. Rempp**, présentée par M. Bigourdan.

La théorie du fœhn de R. Wenger, et mes études antérieures sur le vent dans différentes vallées, m'avaient conduit à admettre qu'une vallée exerce, en quelque sorte, sur les courants atmosphériques, un *pouvoir directeur*, qui est fonction du gradient thermique vertical. Ce pouvoir est nul quand le gradient est adiabatique, et d'autant plus fort que le gradient reste au-dessous de cette limite; il se manifeste de la façon suivante : Les courants qui ont une composante notable dans la direction de la vallée et dans le sens de la pente sont dirigés au fond de la vallée dans le sens de la longueur et renforcés; les courants de sens contraire et ceux qui sont à peu près normaux à la direction de la vallée s'écartent du sol et soufflent seulement en hauteur.

Il m'a paru intéressant de rechercher si la variation diurne de la fréquence des différents vents à Strasbourg confirmerait cette manière de voir. On sait que les vents dominants à Strasbourg ont la direction de la vallée du Rhin (N à NE et S à SW) et que les vents plus ou moins transversaux, surtout les vents des régions E, sont beaucoup moins nombreux. La fréquence de ces vents transversaux devait, d'après ce qui précède, présenter une variation diurne analogue à celle du gradient thermique vertical, c'est-à-dire un maximum dans le courant de l'après-midi et un minimum vers la fin de la nuit.

Je ne m'attendais pas à trouver, pour les fréquences des vents de S à SW

(1) Lodin, *Ann. des Mines*, 9e série, t. 8, 1895.

(2) Séance du 2 janvier 1924.

d'une part, de N à NE d'autre part, des variations diurnes de caractère opposé. Car la pente de la vallée du Rhin est très faible, et, à l'encontre de ce qui a lieu dans les vallées plus fortement inclinées, il n'existe pas de différence prononcée entre ces deux groupes de vent, ni pour la fréquence générale, ni pour la vitesse moyenne. Or, non seulement la statistique, que j'ai dressée d'après les inscriptions de la girouette pendant 5 années, a conduit au résultat attendu, mais, de plus, elle a fait apparaître une variation diurne des deux groupes de vent dirigés suivant la vallée ; il semble que l'on ait ici affaire à des brises de jour ou de nuit, ou bien, si l'on préfère, à une autre manifestation de la variation diurne du *pouvoir directeur*.

Les variations que le gradient barique horizontal subit, en moyenne, de 7^h à 14^h et de 14^h à 21^h ne permettent pas de se prononcer en faveur de l'une ou de l'autre de ces deux conclusions. Cependant, les trajectoires de pilotes, qui accusent un courant qu'on pourrait considérer comme un vent de retour, sont rares. Mais ce qui me porte davantage vers la seconde alternative, c'est le fait que les vents montants sont sujets à la même variation diurne que les deux groupes de vents transversaux, dont la variation de fréquence ne peut s'expliquer autrement que par une variation du *pouvoir directeur*. La diminution de ce pouvoir, au cours de l'après-midi, se traduit par une diminution du nombre des vents descendants au profit, à la fois, des vents montants et des vents transversaux.

Il est naturel que ces faits se présentent de la façon la plus nette en été. Les vents de S, SSW et SW ont un maximum de fréquence entre 4^h et 7^h, un minimum vers 15^h ou 16^h; ils sont alors deux à trois fois moins nombreux qu'à la fin de la nuit. Cette diminution de fréquence est compensée par une augmentation de celle de tous les autres vents [sauf W (1)], augmentation qui est relativement la plus grande pour les vents de beau temps (rapport entre les fréquences maxima et minima = 9 : 1 pour les vents d'E). Le pourcentage des vents observés aux heures de la journée correspondant à peu près aux extrêmes est :

(1) A l'W de Strasbourg, entre la Bruche et le Canal-de-la-Marne-au-Rhin, le terrain s'abaisse en pente douce des Vosges jusqu'aux faubourgs de la ville. Cette situation doit provoquer des brises de jour dirigées vers l'W, des brises de nuit dirigées vers l'E. Ce phénomène parasite, se superposant au phénomène général, peut expliquer le fait que les vents d'W présentent, au printemps, en été et en automne, un maximum de fréquence vers 21^h ou 22^h et un minimum vers 8^h ou 10^h.

	Calmes.	NNE.	NE.	ENE.	E.	ESE.	SE (1).	SSE.	S.
6h....	3,4	4,3	6,4	0,7	0,4	0,7	2,1	2,8	17,4
18h....	0,2	7,1	11,2	3,3	3,6	2,3	2,0	4,1	6,9

	SSW.	SW.	WSW.	W.	WNW.	NW.	NNW.	N (2).
6h....	13,6	13,7	4,0	6,6	3,6	7,3	5,3	7,7
18h....	7,4	5,5	8,1	8,1	7,1	9,0	7,3	6,8

A 6h, le *pouvoir directeur* est grand, les vents nettement descendants (S à SW) soufflent dans la moitié des cas environ. A 18h, le *pouvoir directeur* est faible, tous les vents présentent à peu près la fréquence qui leur revient normalement.

Aux autres saisons et dans la moyenne de l'année, la fréquence des différents vents varie d'une manière analogue, mais naturellement moins prononcée. En particulier, les vents d'entre W et N ont des variations diurnes peu nettes et contradictoires pour des directions voisines. Ces vents accompagnent, en effet, les secteurs arrière des dépressions. Dans ces secteurs, le gradient thermique vertical est fort et le temps nuageux ; la variation diurne du gradient doit donc être faible. Pourtant, si l'on calcule les résultantes W, WNW ou NW (en traitant les valeurs des fréquences comme des mesures scalaires de vecteurs), on voit apparaître un maximum l'après-midi, vers 15h ou 16h. Si, en outre, on calcule les différences des résultantes : W moins E, WNW moins ESE, NW moins SE, la deuxième combinaison varie le moins au cours de la journée. En d'autres termes, parmi les différentes résultantes opposées, ce sont celles qui sont le plus exactement transversales à la vallée, soit les résultantes WNW et ESE, qui présentent la marche diurne la plus semblable. L'heure du maximum de ces résultantes est également l'heure du maximum de la résultante NNE et l'heure du minimum de la résultante SSW. Ainsi, le calcul des vecteurs conduit, pour les autres saisons, au même résultat que les observations directes, pour l'été.

BOTANIQUE. — *Recherches sur les variations du chimisme chez les tomates greffées sur les pommes de terre et sur Lyciet* (Lycium barbarum L.). Note de M. **Stanislas Golinski**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Nos recherches concernant les greffes de tomates sur des pommes de terre et sur le lyciet avaient un double but, à savoir : la détermination de la

(1) Les vents de SE ont le maximum de fréquence à 12h, les vents de N à 14h.

composition chimique de la plante greffée d'une part et de l'autre la précision de l'influence biologique du sujet vivace sur la plante annuelle.

Nous avons greffé des tomates locales appelées *Crostochowshie* sur des pommes de terre : Marjolaine et Early Rose. L'analyse chimique fut faite grâce à l'amabilité du docteur H. Malarski, chef de la section biochimique de l'Institut de Putawy :

	Acide citrique pour 100.	Masse sèche.	Sucre.	Saccharose.
Tomates non greffées..........	0,329	4,97	»	»
Tomates greffées sur pommes de terre (Early Rose)..........	0,642	6,70	1,676	0,043
Tomates greffées sur pommes de terre (Marjolaine)...........	0,418	7,24	»	»
La valeur moyenne mentionnée dans la littérature horticol...	0,470	5,44	3,51	1,65

On voit que l'acidité des tomates non greffées est la plus basse, elle augmente dans les tomates greffées sur les *Marjolaine* (de courte et faible végétation) et atteint son maximum dans celles greffées sur les *Early Rose* (de végétation plus longue et fortes).

Les résultats obtenus avec *Lycium* sont différents. Les tomates (*Lycopersicum*) ainsi que le lyciet (*Lycium*) appartiennent non seulement à la même famille de *Solanées*, mais aussi au même groupe d'*Eusolanées*, et au même sous-groupe.

La tomate est une plante annuelle, tandis que *Lycium* est vivace (comme un arbuste).

Le *Lycium* transplanté dans des pots métalliques le 17 avril 1923 fut greffé par des tomates : « *Alice Roosevelt* » le 25 mai 1923 d'une manière nommée « Greffe à cheval ».

Tous les 19 sujets ont bien supporté cette opération. Nous avons établi un même nombre d'individus non greffés comme témoins, les uns dans les pots métalliques, les autres dans le sol.

L'analyse chimique fut faite à l'École polytechnique de Varsovie grâce à l'amabilité du professeur W. Iwanowski, chef de l'Institut de la Technologie de la fermentation et des produits alimentaires (de l'École polytechnique de Varsovie).

Tomates fruits « Alice Roosevelt ».	Culture.	Poids moyen.	Acidité exp. en acide citrique (en %).	Teneur en sucre réducteur calculé en sucre interverti. Moy. (en %).	Teneur en sucre réducteur calculé en sucre interverti. avant l'hydrolyse (en %).	Teneur en sucre non réducteur calculé en saccharose (en %).	Saccharose calculé d'après le pouvoir rotatoire avant et après l'hydrolyse (%).
Greffées sur Lyciet.	Dans les pots métalliques	40g,42	0,65	4,81	4,48	0,31	0
Témoins.........	»	34g,45	0,54	3,12	2,37	0,71	0,66
Témoins.........	Dans le sol	63g,13	0,63	1,70	0,93	0,73	0,65

La détermination d'acidité est faite par Na OH $\frac{n}{5}$ en présence de phénolphtaléine.

Dosage volumétrique de sucre réducteur fait par la méthode de Bertrand.

D'après cette analyse, nous constatons une grande quantité de sucres dans des sujets greffés, ce qu'on pourrait constater même en goûtant. Je conserve quinze exemplaires dans la serre pour les expériences de l'année prochaine.

BOTANIQUE. — *Excitabilité amylogène et évolution des plastes dans l'embryon du Haricot.* Note de M. **A. Maige**, présentée par M. Marin Molliard.

J'ai désigné sous le nom de *seuil de condensation amylogène* la concentration critique en sucre au-dessus de laquelle l'amidon se dépose dans les plastes; je définirai de même la *réaction amylogène* du plaste et, par extension, de la cellule ou d'un ensemble de cellules, par la masse d'amidon formé dans chacun de ces cas. J'envisage donc le phénomène de l'amylogénèse du point de vue de l'excitabilité, en prenant ce terme dans le sens large que lui ont donné de nombreux physiologistes.

La formation de grains composés d'amidon dans les plantules du Haricot pendant la germination a été signalée par divers botanistes et étudiée en détail par Belzung sur les cellules de l'hypocotyle. Suivant cet auteur, les grains composés apparaissent dans des plastes qui se différencient pendant la maturation de la graine, par résorption complète d'une partie des grains d'amidon de réserve. Nos observations concordent avec celles de Belzung sauf sur quelques points. J'ai constaté en particulier, conformément à

l'opinion courante, que les grains d'amidon précités sont inclus dans des plastes à paroi très fine, et non dans les vacuoles du cytoplasme comme le considérait cet auteur. Si l'on suit l'évolution de ces grains d'amidon de réserve dans l'embryon, on constate qu'à la fin de la période de synthèse, ils remplissent les cellules de l'écorce et de la moelle de la tigelle et de la radicule; mais, pendant l'hydrolyse qui accompagne la maturation et la dessiccation de la graine, ils disparaissent entièrement ou presque totalement de la radicule et en partie seulement de la tigelle. Dans cette dernière l'action amylolytique est plus active dans l'écorce que dans la moelle, et dans l'écorce elle l'est surtout dans les assises sous-épidermiques et endodermiques, qui sont assez souvent dans l'embryon sec entièrement privées d'amidon.

Si l'on fait germer ($t = 20°$) un embryon (sans cotylédons) plus ou moins sec de haricot, l'action hydrolysante reprend avec activité et l'on voit apparaître des grains d'amidon composés en d'autant plus grand nombre que l'embryon est prélevé à une phase plus avancée de la dessiccation de la graine.

Ces grains sont de deux types : dans l'un les grains simples constituants ont des dimensions à peu près égales, dans l'autre l'un des grains plus volumineux présente une calotte latérale ou une couronne circulaire de grains plus petits. Ces deux sortes de grains, décrits déjà par Belzung, et entre lesquels cet auteur n'établit aucune distinction d'origine, proviennent en réalité, les premiers des plastes non amylifères, les seconds des plastes amylifères dont la paroi s'accroît et forme une calotte ou une couronne plus épaisse à l'intérieur de laquelle apparaissent les petits granules amylacés de nouvelle formation. La répartition des grains des deux types correspond par suite exactement à celle précitée des plastes correspondants et les assises sous-épidermiques et endodermiques, par exemple, ne renferment des grains de seconde sorte que dans la mesure où elles possèdent dans l'embryon sec des plastes à amidon. Si l'on examine un embryon où la formation des grains composés est active, on constate que la réaction amylogène des plastes amylifères et non amylifères est très accusée dans toutes les cellules ; mais, si l'on s'adresse à un embryon où cette formation est faible, on peut constater des différences très nettes entre les divers plastes et observer sur une même coupe tous les degrés d'évolution depuis les plastes non modifiés jusqu'à ceux dont les grains composés sont bien formés.

Dans une même cellule la réaction amylogène progresse en général à peu

près de la même manière dans les plastes amylifères comparés, soit entre eux, soit aux plastes non amylifères, mais il est possible cependant d'observer assez souvent des différences sensibles entre les divers plastes et même entre des plastes très voisins d'une même sorte placés en apparence dans des conditions physiologiques semblables. On peut en conclure qu'il peut exister dans une même cellule des différences d'excitabilité amylogène vis-à-vis du taux du sucre entre des plastes d'origine et d'aspect identiques.

Si l'on compare entre elles les diverses régions de l'embryon (choisi toujours à réaction amylogène faible), on constate que dans la moelle l'activité amylogène, faible ou nulle, est moindre que dans l'écorce, et que dans celle-ci c'est la région moyenne, dont l'action amylogène, parfois nulle, est la moins accusée. Dans la moelle la zone périphérique est la plus active et renferme souvent seule des grains composés. En tenant compte de ces faits dans l'examen des embryons, il est possible d'observer soit dans l'écorce, soit dans la moelle, des différences accentuées de réaction amylogène entre les plastes de deux cellules contiguës (cette réaction pouvant être nulle dans l'une d'elles) de sorte que, si l'on admet que la diffusibilité facile du sucre uniformise la concentration de ce corps entre ces cellules, on arrive à cette conclusion qu'il existe, entre leurs plastes, une différence accusée d'excitabilité amylogène vis-à-vis d'un même taux de sucre.

Si opérant toujours sur des embryons à réaction amylogène faible on augmente l'intensité dès l'excitation en élevant artificiellement le taux de sucre de la cellule, on éveille l'activité amylogène d'un plus grand nombre de plastes, et l'on détermine la production de grains composés plus abondants. On peut réaliser l'expérience ($t = 10^\circ$) en comparant sur des coupes voisines de la section les deux parties d'un embryon (sans cotylédons) partagé transversalement après 18 à 24 heures de séjour sur le buvard humide (et choisi à ce moment à réaction amylogène faible) l'une des parties étant ensuite disposée pendant 12 à 24 heures sur une solution de glucose à 5 pour 100. On peut aussi opérer de la même façon, en comparant la partie radiculaire à la partie gemmulaire, qui reste attachée aux cotylédons, ou ne laisser encore qu'un seul cotylédon et comparer dans la partie gemmulaire les cellules de la face insérée sur le cotylédon subsistant à celles de la face opposée.

En résumé, il ressort principalement de ce qui précède que les plastes d'une même cellule peuvent présenter des variations individuelles d'excitabilité amylogène, et que deux cellules contiguës peuvent se distinguer par une excitabilité amylogène générale différente de leurs plastes vis-à-vis d'un même taux de sucre.

BOTANIQUE. — *Formations mycorhiziques dans une Hépatique à thalle* (Lunularia vulgaris *Micheli*). Note de M. G. Nicolas, présentée par M. Marin Molliard.

Le *Lunularia vulgaris* Micheli (*L. Cruciata* Dum.), Marchantiacée indigène de l'Europe occidentale et méridionale, commune notamment dans la région méditerranéenne, mais répandue à peu près sur tous les continents, est représenté partout par une forme stérile, à propagules; ce n'est qu'exceptionnellement que cette Hépatique donne des individus mâles ou femelles et qu'elle produit des sporogones, dans des conditions encore mystérieuses pour nous; c'est le cas, d'ailleurs, de beaucoup d'autres Bryophytes. Il semble même que, des deux formes sexuées, ce soit la forme mâle qui soit la plus rare. Ayant eu l'occasion d'observer, à Toulouse, l'abondance d'individus à anthéridies mélangés à des thalles propagulifères et cherchant à préciser les conditions qui permettent un développement abondant de cette forme, si exceptionnelle ailleurs, il m'a été donné de faire l'observation qui fait l'objet de cette Note.

Certains thalles mâles sont remarquables par la présence d'un mycélium présentant tous les caractères de celui des mycorhizes endotrophes. Le fait n'est pas nouveau et a déjà été signalé chez différentes Marchantiacées, par Golenkin ([1]) dans les espèces suivantes :

Preissia commutata, *Marchantia palmata et paleacea*, *Fegatella conica*, *Targionia hypophylla*, *Plagiochasma elongatum*, à l'exclusion de beaucoup d'autres, notamment du *Lunularia*; par Beauverie ([2]) dans le *Fegatella conica* et par Gallaud ([3]) dans la même espèce et dans le *Marchantia polymorpha*. Dans ces Hépatiques, le mycélium, qui n'envahit jamais le tissu chlorophyllien de la face supérieure, occupe une ou deux bandes parallèles à la nervure ou une zone périphérique voisine de l'épiderme inférieur. En ce qui concerne le *Lunularia*, Kny ([4]) mentionne l'existence

([1]) Golenkin, *Die Mycorrhiza-ähnlichen Bildungen der Marchantiaceen* (*Flora*, t. 90, 1902, p. 208-220).

([2]) Beauverie, *Étude d'une Hépatique à thalle habité par un champignon filamenteux* (*Comptes rendus*, t. 134, 1902, p. 616-618).

([3]) Gallaud, *Étude sur les mycorhizes endotrophes* (*Revue générale de Botanique*, t. 17, 1905).

([4]) Kny et Bottger, *Ueber eigentümliche Durchwachsungen an den Wurzelhaaren zweier Marchantiaceen* (*Verh. der. Bot. Ver der. Prov. Brandenburg*, 1879).

dans les rhizoïdes lisses d'un mycélium stérile, qu'il faut vraisemblablement rapporter à mon avis et conformément aux observations de Kamerling ([1]) sur le *Fegatella*, à des prolongements des cellules voisines de la base du rhizoïde, qui s'invaginent dans l'intérieur de celui-ci, s'y allongent et constituent un deuxième et quelquefois un troisième rhizoïde inclus dans le premier; Gallaud ([2]) indique simplement, sans aucun autre renseignement, qu'il a constaté l'infection d'un *Lunularia*.

Les formations mycorhiziques, que j'ai observées dans les thalles mâles de *Lunularia*, constituent — c'est le cas le plus fréquent, rappelant le *Targionia* et le *Plagiochasma*—une bande plus ou moins épaisse (2 à 6 assises de cellules) occupant toute la largeur de la nervure et parallèle à l'épiderme inférieur, dont elle est séparée par quelques assises de cellules indemnes, riches en amidon, alors que celles qui sont infectées en sont dépourvues. Dans d'autres thalles mâles, mais très rares, le mycélium au lieu d'être localisé dans une région bien définie, est réparti dans des cellules isolées dans tout le thalle, sauf dans le tissu chlorophyllien qui n'est jamais envahi. Il est possible que ces deux types de formations mycorhiziques soient dus à deux champignons différents. L'infection se fait surtout par les rhizoïdes lisses; de ceux-ci, les filaments mycéliens se propagent en traversant les assises sous-épidermiques, jusqu'aux cellules dans l'intérieur desquelles ils peuvent se développer, prendre leurs caractères bien connus (arbuscules et sporangioles) et envahir le thalle dans toute sa longueur, sauf au voisinage du point végétatif.

Tous les thalles stériles, à propagules seulement, que j'ai observés jusqu'à maintenant, sont dépourvus de mycélium.

Ces observations, venant s'ajouter à celles de Golenkin ([3]), relatives, d'une part, à la présence d'un champignon dans des Marchantiacées fructifiées ou tout au moins sexuées, mâles ou femelles, d'autre part, à l'absence de celui-ci précisément dans des individus stériles, m'avaient d'abord laissé penser à une symbiose nécessaire à la formation des anthéridies et des archégones, à la fructification. Le champignon n'agirait-il pas à la façon de celui des Orchidées par l'accroissement de concentration du suc cellulaire, par l'élévation de la pression osmotique, condition éminemment favorable, comme l'a montré expérimentalement Klebs pour les champignons, à la

([1]) Kamerling, *Zur Biologie und Morphologie der Marchantiaceen* (*Flora*, t. 84, 1897, p. 1-68).

([2]) *Loc. cit.*, p. 77.

([3]) Golenkin, *loc. cit.*, p. 215.

formation des organes reproducteurs? Cette hypothèse séduisante, qui aurait contribué à expliquer la répartition si fantaisiste, semble-t-il, des formes sexuées, a dû être abandonnée, car l'examen de nouveaux thalles à anthéridies, provenant de la même station que les précédents, n'a révélé l'existence d'aucun mycélium. Sans avoir la généralité ni l'importance biologique que je lui avais d'abord attribuée, la présence d'un mycélium mycorhizique dans certains thalles mâles de *Lunularia* n'en constitue pas moins un nouvel exemple certain parmi les Marchantiacées.

Les avis sont très partagés relativement à la nature de l'association formée par une Hépatique et un champignon, exception faite pour les cas extrêmes, comme celui de l'*Aneura*, signalé par Denis, — parasitisme, pour les uns (Bolleter, Nemec, Garjeanne, Peklo), elle serait, pour d'autres (Beauverie, Golenkin), une symbiose. Dans le cas du *Lunularia*, les thalles infestés ne se distinguent pas macroscopiquement de ceux qui sont sains; ils ne paraissent pas souffrir de la présence du champignon. S'il y a parasitisme, il est bien inoffensif; je croirais beaucoup plus volontiers à une symbiose, mais à une *symbiose accidentelle*, comme celle de la plupart des Marchantiacées, sauf le *Fegatella*, où la présence constante (¹), semble-t-il, du champignon est peut-être en relation avec la production des tubercules, organes de multiplication qui remplacent les propagules; l'idée de symbiose s'accorderait, d'ailleurs, parfaitement avec le rôle que jouerait le mycélium dans l'évolution des spores du *Fegatella*, qui, d'après Cavers (²), germeraient mieux et en plus grand nombre avec des champignons que sur un sol stérilisé.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la germination des graines de* Lathræa clandestina *L.* Note de M. E. Chemin, présentée par M. Molliard.

D'après Heinricher (³), les graines de *Lathræa clandestina* ne germent qu'au voisinage immédiat d'une plante nourricière; le réveil de l'activité

(¹) Bolleter [*Fegatella conica*. Eine morphologische-physiologische Monographie (*Beihepte zum bot. Centralblatt*, 1905, p. 389)] signale, cependant, l'absence de mycorhizes dans les *Fagetella* qui croissent sur les tufs calcaires.

(²) Cavers, *On the Structure and Biology of* Fegatella conica (*Annales of Botany*, t. 18, 1904, p. 87-120.

(³) E. Heinricher, *Die Keimung von « Lathræa »* (*Ber. der Deutsch. Bot. Gesellschaft*, 1894).

vitale est provoqué par une action chimique des substances de l'hôte; et il ajoute que les graines paraissent avoir une notion exacte de l'état de vitalité de l'hôte.

A propos du développement des suçoirs, le même auteur (¹) invoquait aussi la nécessité d'une excitation de nature chimique déterminée par des substances émises par une racine vivante. J'ai montré ailleurs (²) que le contact d'un corps étranger quelconque, racine vivante, racine morte ou corps inerte, pouvait provoquer la formation des suçoirs; une excitation mécanique est suffisante, et il n'est pas nécessaire d'avoir recours à l'action de substances non isolées jusqu'ici.

Si des substances chimiques, de nature hypothétique, n'interviennent pas dans la formation des suçoirs, peut-on leur attribuer un rôle dans le réveil de l'activité de l'embryon, qui, au début, ne se nourrit que des réserves accumulées dans la graine? L'embryon ne commencerait-il son développement que lorsqu'il aurait la certitude de pouvoir le continuer? Ne consentirait-il à digérer les réserves qui l'entourent que lorsqu'il aurait l'intuition qu'au bout de quelque temps (de plusieurs mois en l'espèce, et pendant cette durée les circonstances ne peuvent-elles changer) il recevrait d'une plante étrangère le secours indispensable? Préférerait-il la destruction totale et fatale à une tentative de développement même infructueuse?

A ces questions, l'expérience peut seule répondre. Je ne ferai pas ici l'étude critique des expériences de Heinricher, je relaterai seulement les miennes.

Le 21 mai 1923 des fruits mûrs, non éclatés, furent prélevés sur des pieds de *Lathræa clandestina* repérés deux mois plus tôt, au moment de la floraison, aux Essarts-le-Roi (S.-et-O.); ils furent enfermés dans un flacon avec un peu de mousse. Quelques jours après les graines étaient libérées et, sans avoir subi une dessiccation appréciable, une dizaine d'entre elles furent mises en germination. Les unes furent placées dans un vase rempli de terre bien arrosée; les autres furent mises sur de l'ouate imbibée d'eau et recouvertes d'une cloche pour maintenir l'humidité.

Le 15 juillet quelques graines, envahies par des moisissures, pourrissaient; elles furent enlevées. Les autres, au nombre de quatre, étaient intactes sans apparence de germination. Deux furent maintenues sur l'ouate, les deux autres furent enlevées de la terre, où il aurait été difficile de maintenir une humidité suffisante pendant la

---

(¹) E. HEINRICHER, *Anatomischer Bau und Leistung der Saugorgane der Schuppenwurz-Arten* (*Beiträge zur Biologie der Pflanzen*, 1895).

(²) E. CHEMIN, *Observations anatomiques et biologiques sur le genre* Lathræa, 1920.

période des vacances, et placées dans du coir (déchets de fibres de noix de coco) que les jardiniers utilisent fréquemment pour la germination des graines.

Fin septembre, les quatre graines étaient en voie de développement; sur l'ouate, la sortie de la racine était apparente; dans le coir, les racines se devinaient à la difficulté de soulever les graines.

Le 24 octobre elles furent enlevées de leur milieu, nettoyées et examinées. La racine principale, jaunâtre de 1^{mm} de largeur à l'origine, atteignait de $1^{cm},5$ à 3^{cm} de longueur suivant les individus; elle était abondamment ramifiée sur les plus longs. Le bourgeon feuillé était encore inclus à l'intérieur de la graine.

Des coupes faites dans la germination la plus avancée (racine de 3^{cm} de longueur) ont montré qu'à ce moment tout l'albumen n'était pas digéré, il restait encore sur les parois une dizaine d'assises cellulaires d'une épaisseur totale de $0^{mm},5$ à $0^{mm},7$. Le développement eût donc pu se continuer sans l'assistance d'une plante étrangère. D'ailleurs une autre germination, dont la racine n'avait fin octobre que $1^{cm},5$ a été replacée dans un mélange de terre et de coir; son développement s'est poursuivi, et le 10 décembre la racine atteignait 4^{cm} de longueur et présentait de nombreuses ramifications.

Les graines de Lathræa clandestina *peuvent donc germer sans l'intervention d'une racine étrangère*. Le développement de l'embryon est lent; il ne se manifeste qu'au bout de plusieurs mois. Les réserves sont suffisantes pour permettre à la racine d'atteindre une racine étrangère dans un rayon de 4^{cm} environ et de s'y fixer.

PHYSIOLOGIE. — *Effets des actions mécaniques portant sur la chaîne du nerf sympathique comparés aux effets de l'excitation électrique*. Note (¹) de MM. **Auguste Tournay** et **Édouard Krebs**, présentée par M. Charles Richet.

Poursuivant ses recherches expérimentales sur le sympathique (²), l'un de nous a été conduit, en partie par des constatations qu'il avait pu faire en observant des blessés de guerre, à vérifier quelles pouvaient être, comparativement aux effets bien connus de l'excitation électrique, les conséquences de diverses actions mécaniques portées sur la chaîne du nerf grand sympathique.

Dans la première série d'expériences que nous avons entreprises à cet égard, nous nous sommes bornés à reproduire intentionnellement, sous des

---

(¹) Séance du 2 janvier 1924.

(²) Auguste Tournay, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 939.

modes un peu variés, les conditions d'une expérience que Claude Bernard semble avoir réalisée d'une manière occasionnelle, et qu'il relate sans commentaires, mais explicitement, en ces termes [1] :

Expérience (19 janvier 1864). — Sur un lapin, chez lequel on avait coupé à gauche le filet du grand sympathique depuis sept jours, ... on isola le nerf sympathique du côté droit dans la région du cou, et l'on passa un fil au-dessous de lui. Par le seul fait de cet isolement du nerf et de son tiraillement, le thermomètre placé dans l'oreille était monté de 22° à 35°.

Alors, sans couper le nerf sympathique, on le galvanisa en le soulevant sur un fil; cette galvanisation fit descendre rapidement la température de l'oreille de 35° à 30°.

La plupart des expériences que nous avons pratiquées ont porté sur le sympathique abdominal du chien, la chaîne étant abordée par incision latérale et par voie rétropéritonéale, à hauteur des troisième et quatrième vertèbres lombaires. De façon globale, l'observation des effets était suivie à l'aide d'un dispositif thermo-électrique, à peu près identique à celui qu'utilisait Cl. Bernard; deux aiguilles étaient fichées symétriquement dans les pattes postérieures, au tiers moyen de la jambe, et couplées avec le galvanomètre. L'installation était montée de telle manière que le repère lumineux, projeté pour la lecture sur une règle graduée, déviait vers la droite, lorsque se produisait une différence de température au bénéfice de la patte du côté en expérience.

Voici ce qu'il nous a été donné de constater, avec plus ou moins de netteté et d'intensité selon les cas, mais sans contradictions ni discordances :

1° Conformément aux données classiques, l'*excitation électrique* de la chaîne sympathique provoque un abaissement de température qui n'est que temporaire, suivi de retour vers le degré initial et même au delà, la *section* de la chaîne une élévation de température qui s'accentue rapidement et qui dure.

2° Les *actions mécaniques* portant sur la chaîne — compressions, tiraillements au cours de la découverte du nerf ou quand on le charge sur un excitateur, et surtout, systématiquement, les pincements (6 à 8 pincements répétés, pratiqués sans brutalité avec une pince à dissection) — sont suivies, après une très petite période latente, d'une élévation de température habituellement rapide et qui peut être très importante, supérieure à la différence provoquée électriquement.

Mais ce changement n'est que temporaire. Au bout de quelques instants,

---

[1] Cl. Bernard, *Leçons sur la Phys. et la Path. du Système nerveux*, t. 2, p. 516.

la température revient graduellement vers le degré initial, résultat qui du même coup permet de vérifier, semble-t-il, que l'action mécanique ainsi exercée n'a pas eu pour conséquence la section ou la destruction des fibres nerveuses.

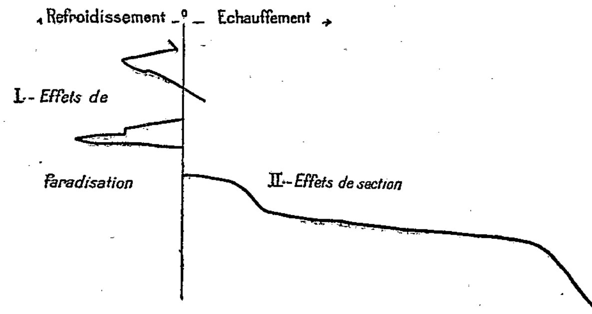


Fig. 1.

3° Jamais la section de la chaîne ne détermine, avant l'échauffement durable, d'abaissement de température, si bref et si minime que ce soit.

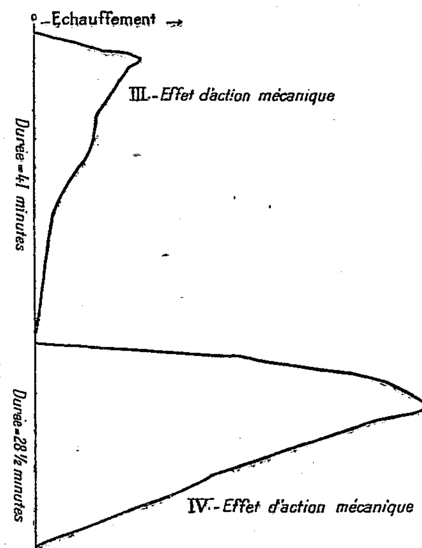


Fig. 2.

Assez souvent, l'excitation électrique, à laquelle s'associe peut-être une petite action mécanique, est d'abord suivie d'une légère élévation de température, avant que se marque l'effet d'abaissement.

Les graphiques ci-contre, dressés d'après des résultats d'expériences, reproduisent la forme et la durée des phénomènes.

On sait, en ce qui concerne les nerfs du système cérébro-spinal, que les actions mécaniques exercées sur les nerfs moteurs provoquent, tout comme l'électrisation, des contractions dans les muscles et qu'à l'aide de dispositifs appropriés on a pu reproduire toute une gamme d'effets mécaniques comparables à ceux de l'excitation électrique. Le sympathique paraît se comporter différemment : les changements, produits par les actions mécaniques portant sur sa chaîne, sont *en sens inverse* des effets de l'électrisation, et *de même sens* que ceux de la section.

BIOLOGIE. — *Les besoins nutritifs sont-ils les mêmes pour les deux sexes durant la croissance?* Note de M. **H. Simonnet**, présentée par M. Henneguy.

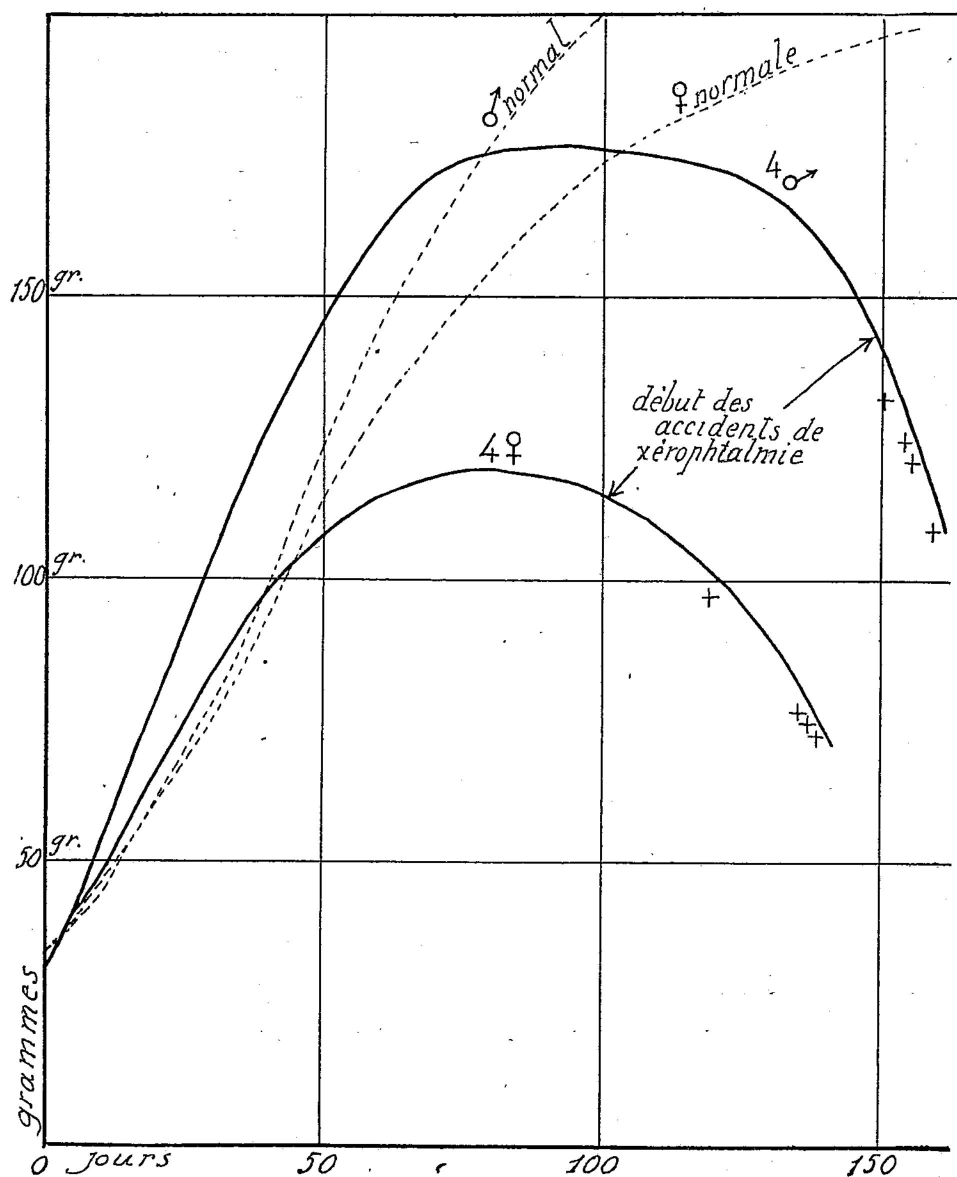
On possède peu de renseignements sur les besoins alimentaires comparés du mâle et de la femelle au cours de la croissance. L'emploi de régimes naturels, abondants et variés, ne permet pas de saisir de différences à cet égard; seule, l'utilisation de régimes limités et uniformes, qu'ils soient naturels ou artificiels, pose ce problème, aussi bien dans le domaine de l'alimention pratique que dans celui de la physiologie pure.

Les expériences rapportées dans cette Note montrent simplement la réalité d'un tel problème sans préjuger du mécanisme du phénomène observé. Elles portent sur le Rat, espèce à développement rapide, qui accepte volontiers les régimes uniformes ou supporte aisément des modifications étendues de leur composition. Le dimorphisme sexuel est peu accusé dans cette espèce et se manifeste presque uniquement par l'inégal développement corporel des représentants des deux sexes. C'est ce criterium qui a été adopté. On pourrait, dans cette espèce, en rechercher d'autres, plus particuliers. Des espèces différentes pourraient être utilisées.

Plusieurs expérimentateurs, Matill et Conklin [1], Matill et Stone [2], ont constaté qu'avec certains régimes exclusifs (régime lacté) le développement des mâles se fait normalement, tandis que celui des femelles est retardé. Cette différence s'atténue quand la proportion de lait diminue au profit d'aliments ternaires (fécule, matières grasses).

(1) *Journ. Biol. Chem.*, t. 44, 1920, p. 137.
(2) *Journ. Biol. Chem.*, t. 55, 1923, p. 443.

En 1922 (¹), j'ai attiré l'attention sur des faits du même ordre, observés chez des animaux soumis à des régimes pauvres en facteur A.



L'expérience suivante en est un nouvel exemple typique. Huit jeunes Rats, quatre mâles et quatre femelles d'une même portée, sont soumis, à l'âge

(¹) *Bull. Soc. Sc. Hyg. Alim.*, t. 10, p. 361.

de 30 jours, au régime suivant : peptone pancréatique de muscle : 20 parties; mélange salin (Osborne et Mendel) : 4 parties; saccharose : 76 parties. Ils reçoivent, en outre, par tête et par jour : huile d'olives lavée à l'alcool : 3 gouttes (au compte-gouttes normal); extrait alcoolique de levure de bière purifié : $0^g,20$. Les deux courbes ci-contre représentent respectivement la moyenne arithmétique du développement pondéral des mâles et des femelles. Elles révèlent des différences sensibles entre la manière d'être des représentants des deux sexes, différences qui se manifestent :

1° Par *l'inégal développement pondéral moyen des mâles et des femelles.*

A partir du 30e jour d'expérience, le développement des femelles se ralentit très rapidement, tandis que celui des mâles se poursuit normalement et ne commence à se ralentir qu'au 60e jour d'expérience.

La courbe de développement des femelles ne présente pas de plateau et décroît rapidement; celle des mâles offre un plateau assez prolongé (60 jours) et décroît ensuite rapidement.

L'écart entre les poids moyens de ces animaux croît au cours de l'expérience et atteint son maximum au 60e jour.

2° Par *l'écart entre le début des accidents de xérophtalmie* dans les deux groupes (100e jour pour les femelles, 150e jour pour les mâles).

3° Par *l'inégalité de la survie* (120-140 jours pour les femelles, 150-160 jours pour les mâles).

Ces particularités m'ont engagé à tenter de préciser le déterminisme de cette sensibilité des femelles. Des recherches en cours semblent montrer qu'elle dépend d'un certain nombre de facteurs dont les principaux sont : l'âge de l'animal au début de l'expérience, la nature du régime et son degré de carence avant l'expérience.

PHARMACOLOGIE. — *Sur les propriétés hypnotiques de l'hydrobenzoïne et de ses homologues alcoylés (diarylglycols symétriques). Relations entre l'activité physiologique et le poids moléculaire.* Note (¹) de MM. **M. Tiffeneau** et **C. Torres**, présentée par M. Ch. Richet.

A la suite de l'étude entreprise par l'un de nous, en collaboration avec M. Dorlencourt (²), sur les propriétés hypnotiques des aryldialcoylglycols,

(¹) Séance du 2 janvier 1924.
(²) Tiffeneau et Dorlencourt, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1343.

nous avons été amenés à étudier les diarylglycols et à constater que l'hydrobenzoïne et ses homologues (diarylglycols symétriques) sont doués de propriétés analogues. Toutefois, comme ces glycols sont peu solubles dans l'eau, leur action hypnotique sur les mammifères ne peut que difficilement être mise en évidence. Il n'en est plus de même sur les poissons dont la sensibilité aux hypnotiques est des plus grandes et qui se prêtent ainsi à une étude systématique en série.

Comme dans les recherches antérieures, nous avons pris comme test l'immobilité complète (c'est-à-dire persistant après excitation mécanique) des nageoires dorsales et caudales de l'épinoche, et nous avons déterminé, soit les dilutions qui produisent cette immobilité en un temps limité (5 à 7^m), soit les temps nécessaires pour obtenir le même effet avec les mêmes dilutions. Nous avons également noté les temps nécessaires pour le retour à l'intégrité complète. Les homologues examinés sont au nombre de 7 et ils s'échelonnent depuis le terme en C^{14} jusqu'à celui en C^{19}.

1° *Étude du pouvoir hypnotique en fonction de la concentration.* — Nous avons rassemblé dans le Tableau ci-dessous les résultats de nos recherches.

Nombre d'atomes de carbone.	Diarylglycols.	Concentrations.	Temps en minutes: pour obtenir l'immobilité.	Temps en minutes: pour le retour à l'intégrité.
C^{14}.....	Hydrobenzoïne	1/10000	4′-6′	10′-13′
C^{15}.....	Méthylhydrobenzoïne	1/10000	5-7	15-27
C^{16}.....	Ethylhydrobenzoïne	1/20000	5-7	20-25
C^{17}.....	Isopropylhydrobenzoïne	1/20000	5-7	40-50
C^{18}.....	Butylhydrobenzoïne	1/25000	5-7	10-15
C^{18}.....	Isobutylhydrobenzoïne	1/25000	4-5′30″	10-17
C^{19}.....	Isoamylhydrobenzoïne	1/50000	12-19	11-15

L'examen comparatif de ces chiffres montre, entre autres constatations (¹), que le pouvoir hypnotique des alcoylhydrobenzoïnes croît régulièrement avec le poids moléculaire et inversement à la solubilité dans l'eau (règle de Ch. Richet). Toutefois l'isoamylhydrobenzoïne ne saurait être comparée dans ces conditions; car sa solubilité maximum (1 pour 50000) est trop faible pour produire l'immobilité en moins de sept minutes. Il importe donc de recourir à des concentrations plus faibles mais identiques, et à noter les temps nécessaires pour produire l'action hypnotique.

(¹) Le premier terme de la série paraît faire exception, comme il arrive souvent pour les propriétés physiques et chimiques des premiers termes des diverses séries en chimie organique. D'autre part les chaînes ramifiées (C^{18}) renforcent le pouvoir hypnotique.

2° *Étude du pouvoir hypnotique en fonction du temps pour une même concentration.* — Nous avons comparé les homologues en C^{17}, C^{18} et C^{19} à la concentration de 1 pour 50000 et nous avons constaté que, contrairement à la règle de Ch. Richet, C^{19} est moins actif que ses homologues inférieurs. Il existe donc, comme nous l'avons déjà constaté dans d'autres séries (1), une limite à partir de laquelle le pouvoir hypnotique diminue. Toutefois il faut noter que ce pouvoir dépend de deux facteurs : 1° l'affinité de la substance pour la cellule nerveuse centrale; 2° la concentration de cette substance dans le milieu circulatoire, concentration qui est elle-même conditionnée par la perméabilité et l'absorption au niveau des branchies. Comme il se pourrait que dans les résultats ci-dessus le second facteur seul soit déficient, nous avons songé à augmenter l'absorption en recourant à un artifice déjà préconisé par MM. Portier et Lopez Lomba (2), c'est-à-dire en ajoutant à la solution aqueuse une certaine quantité de sels biliaires.

Nous avons opéré, comme dans nos autres essais, à une température constante de 26 mais en ajoutant par litre de liquide 72 gouttes de solution de sels biliaires Poulenc à 8 pour 100.

On constate dans ces conditions que pour une même concentration à 1 pour 50000 l'isoamyl (C^{19}) produit l'immobilité en 6 à 7 minutes, alors qu'avec le butyl et l'isobutyl (C^{18}) il faut respectivement 9 à 11 et 8 à 9 minutes. On retrouve les mêmes rapports lorsque l'on fait varier la concentration de façon à obtenir l'immobilité en un temps donné (7 à 8 minutes); il suffit dans ce cas d'une concentration à 1 pour 50000 de l'isoamyl (C^{19}), alors qu'il faut le titre de 1 pour 30000 avec le butyl.

Conclusions. — Le pouvoir hypnotique des alcoylhydrobenzoïnes pour les poissons croît régulièrement en fonction du nombre d'atomes de carbone, c'est-à-dire du poids moléculaire et en raison inverse de la solubilité dans l'eau [règle de Richet (3)]. Il existe une limite de solubilité au-dessus de laquelle, contrairement à cette règle, le pouvoir hypnotique décroît; mais cette anomalie est uniquement due à une absorption trop restreinte. Par l'addition de sels biliaires, qui augmentent cette absorption, la règle de Richet se vérifie pleinement.

---

(1) TIFFENEAU, DOGNY et SOMMAIRE, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, t. 5, mars 1923, p. 179.
(2) PORTIER et LOPEZ LOMBA, *C. R. Soc. Biol.*, t. 87, 2 décembre 1922, p. 1165.
(3) CH. RICHET, *C. R. Soc. Biol.*, t. 45, 1893, p. 775.

PISCICULTURE. — *La répartition géographique de* Branchiura Sowerbyi *et son rôle en économie piscicole.* Note de M. **L. Léger.**

Le *Branchiura Sowerbyi* Bedd. ou Lombric à panache est un curieux ver, Oligochète tubificide de 10 à 12^{cm} de long, pourvu postérieurement de nombreuses branchies filamenteuses mobiles. Sa couleur rouge orangé dans la région génitale passe au rouge vineux foncé puis au rose sur le reste du corps. L'histoire de sa répartition géographique est fort intéressante.

Découvert par Beddard en 1892 dans les bassins à *Victoria regia* de Londres et retrouvé ensuite dans les bassins des jardins de Hambourg par Michaelsen en 1908, il était jusque-là considéré comme une rareté zoologique d'importation exotique lorsque L. Perrier signala en 1909 qu'il en avait trouvé en grande quantité dans les lônes du Rhône en amont de Valence, deux années auparavant.

Cette année, Hesse et Paris (1923) l'ont rencontré en grand nombre dans le canal de Bourgogne et même dans la Saône aux environs de Saint-Jean-de-Losne où je les ai moi-même observés. Depuis lors j'ai rencontré à mon tour deux stations nouvelles et fort populeuses du Lombric à panache en une région bien différente des précédentes, au sud-est du Rhône.

La première station est au lac du Bourget, dans la zone littorale sub-vaseuse du grand port, à Aix-les-Bains où les Branchiures, de belle taille (14 à 15^{cm}), se montraient nombreux dans la vase littorale sous une faible couche d'eau, lors d'une baisse considérable du lac.

La seconde station fut rencontrée en Dauphiné aux environs de Grenoble, dans un bassin creusé jadis en manière de rivière artificielle et alimenté par un canal dérivé d'un torrent alpin qui y laisse déposer une vase fine et noirâtre d'apparence stérile. Or ce fond vaseux nous apparut littéralement tapissé de Branchiures lors d'une récente mise à sec en vue d'un curage et nous pûmes y recueillir, au milieu de sujets de toutes tailles, de nombreux individus sexuellement mûrs.

Les stations de Branchiures connues aujourd'hui en France, bien que localisées en des points très différents, appartiennent donc toutes au bassin du Rhône et il y aurait lieu de rechercher cet Annélide en d'autres régions où il a bien pu échapper à l'observation en raison de son habitat en eau profonde, de son extrême sensibilité et de la rapidité de ses mouvements qui le font se rétracter au moindre contact.

L'intérêt de ces recherches n'est pas purement zoologique, car les Branchiures, qui vivent en troupes nombreuses dans des fonds vaseux généralement impropres à tout autre animal aquatique, sont susceptibles de jouer un rôle important en économie piscicole, en raison de leur active multiplication et de leur haute valeur nutritive pour les poissons, qui en sont fort friands ainsi que l'ont également signalé Hesse et Paris.

C'est ainsi que dans la dernière station découverte prospéraient, grâce à cette nourriture insoupçonnée, de nombreux Cyprinides, bien que la teneur des eaux en plankton et en faune littorale fût infiniment faible et nullement en rapport avec ce fort rendement. Or on sait avec quelle avidité les Carpes et les Tanches recherchent en été la faune alimentaire au fond des étangs, et c'est là précisément qu'ils trouvaient en abondance les Branchiures dont les stations populeuses leur fournissaient un véritable pâturage vivant. C'est dire tout le parti qu'on pourrait retirer, au point de vue piscicole, des étangs à fonds vaseux généralement très pauvres, si l'on réussissait à y acclimater et cultiver en quelque sorte les Branchiures. Nous poursuivons actuellement des essais dans cette voie à l'Institut de Pisciculture de Grenoble et les premiers résultats obtenus nous semblent des plus encourageants.

ENTOMOLOGIE. — *Le Termite de Saintonge.* Note (¹) de M. **J. Feytaud**, présentée par M. P. Marchal.

C'est à Rochefort que les dégâts des Termites furent signalés tout d'abord en France. Leur apparition était attribuée à des navires venant du Nouveau Monde (²). Le hasard voulut que, vers la même époque, Latreille observât, dans les souches de pin de la région bordelaise, l'espèce décrite par Rossi sous le nom de *lucifugum*. Le célèbre entomologiste attribua tout naturellement à cette espèce les ravages dont se plaignaient les habitants de Rochefort.

Audouin vers 1830, Milne-Edwards et Émile Blanchard après 1840, observent sur place les dégâts qui se révèlent successivement en plusieurs autres villes de la Charente-Inférieure (La Rochelle, Saintes, Saint-Savinien, Tonnay-Charente). Aucun ne met en doute qu'il s'agisse du même Termite qu'aux environs de Bordeaux.

Cependant Boffinet (1842), recueillant des observations dans le bourg de

(¹) Séance du 26 décembre 1923.

(²) Bobe-Moreau, *Mémoire sur les Termites observés à Rochefort* (Saintes, 1843),

Saint-Savinien (1), constate que les ailés ne répondent pas au type *lucifugum* décrit dans le *Cours d'Histoire naturelle* de Blanchard, et Bobe-Moreau, travaillant à Rochefort vers la même époque, se demande s'il ne s'agirait pas du Flavicolle (*Calotermes flavicollis* Fabr.). C'est aussi l'idée de de Quatrefages (2), qui s'appuie sur deux arguments biologiques : les essaimages observés en mars par Bobe-Moreau, tandis que Latreille les indique en juin, et les grands ravages constatés dans les villes de Saintonge et d'Aunis à l'exclusion des autres. L'opinion de de Quatrefages détermine celle de Lespès (3). Mais les arguments qu'ils invoquent sont fragiles et l'extension rapide des ravages dans les villes du Sud-Ouest (4) fait bientôt tomber tous les doutes, affermissant comme un dogme les dires de Latreille et Blanchard et reléguant au rang des erreurs scientifiques l'observation de Bobe-Moreau.

C'est ainsi que depuis plus d'un demi-siècle, nos Termites sont considérés comme représentant une espèce constante des Pyrénées aux Sables-d'Olonne.

L'identité des formes était tellement indiscutée, classique en quelque sorte, au moment où j'abordai l'étude anatomique du Termite lucifuge, qu'il ne me vint pas à l'idée de faire une comparaison entre les sujets de Bordeaux et de la Rochelle. Mais lorsque, après la guerre, j'étendis le programme de mes recherches biologiques tout en cherchant à délimiter l'aire géographique de l'espèce, je fus frappé de voir cette aire s'étendre beaucoup vers l'Est dans le Lot-et-Garonne et la Dordogne (Villeneuve-sur-Lot, Bergerac, Périgueux), tandis qu'au nord de la Gironde elle s'éloignait peu de l'Océan. J'avais noté d'ailleurs la rareté des attaques de plantes vivantes dans les jardins, les vergers et les champs de la région garonnaise, contrastant avec les observations de Bobe-Moreau, de Quatrefages et de Chaine (5) qui, à trois époques et sur différents points de la Charente-Inférieure (Rochefort, la Rochelle, Fouras, Taillebourg, etc.),

(1) Boffinet, *Recherches sur les Termès de la Charente-Inférieure* (*Recueil de la Société d'Agriculture de Saint-Jean-d'Angély*, 1842).

(2) De Quatrefages, *Notes sur les Termites de la Rochelle* (*Ann. Soc. nat. Zool.*, 3e série, vol. 20, 1853).

(3) Lespès, *Recherches sur l'anatomie et les mœurs du Termite lucifuge* (*Ann. Soc. nat. Zool.*, 4e série, vol. 5, 1856).

(4) Gassies, *De l'introduction des Termites dans la ville de Bordeaux* (*Actes Soc. Linn. de Bordeaux*, 1855).

(5) Chaine, *Termites et Plantes vivantes* (*C. R. Soc. de Biologie*, 1910).

ont constaté des dégâts très nets et très étendus dans les cultures les plus diverses.

Les Termites que je recueillis en Saintonge pendant l'été de 1921 m'ont paru comme à Blanchard identiques à ceux de Bordeaux. Mais cela n'était pas probant, puisque la plupart des *Reticulitermes* n'offrent entre eux que des différences insignifiantes à l'état d'ouvriers et de soldats.

Grâce à l'obligeance de mes correspondants j'ai pu réunir en 1923 des lots de sexués essaimants de plusieurs provenances (La Rochelle, Saint-Savinien, Saint-Agnant, Tonnay-Charente). L'examen de ces diverses imagos démontre qu'il s'agit bien d'une espèce distincte du Lucifuge. Leur taille est sensiblement plus petite, leurs ailes plus blanches, leur corselet à bords moins arrondis, et leurs pattes sont jaunes à partir de l'extrémité des fémurs.

L'ensemble des caractères m'a fait opter immédiatement pour la désignation spécifique *Reticulitermes flavipes* Kollar; mais l'écartement entre l'œil et l'ocelle, indiqué par les auteurs comme un caractère primordial, me parut infidèle.

Pour avoir des éléments de comparaison, j'ai fait appel à MM. Banks et Snyder qui, dans leur *Revision of the Nearctic Termites* [1], ont décrit quelques espèces nouvelles de *Reticulitermes* peu différentes du *R. flavipes* Kollar, dont les États-Unis sont la contrée d'origine.

La mise en parallèle des spécimens de France avec ceux d'Amérique permet de les identifier en grande partie avec l'espèce type; beaucoup cependant, par leur ocelle moins distant de l'œil, s'apparentent nettement à la forme voisine *R. claripennis*, du Texas et du Mexique, dont Banks fait une espèce à part.

Étant donné ces variations, qui rendent indispensable l'examen détaillé de nombreux lots, j'estime qu'il y a lieu de réserver encore l'appellation définitive de nos Termites charentais, ainsi que le fait de savoir s'ils représentent une seule espèce. Mais j'affirme dès à présent qu'ils sont essentiellement distincts du *lucifugus* de Rossi et très proches du *flavipes* de Kollar, sinon tous conformes à lui.

Ma présente Communication a donc pour but d'établir, non sur de simples arguments biologiques, mais sur un examen comparatif des imagos, qu'il existe bien dans la Charente-Inférieure, ainsi que l'avaient prévu Boffinet et de Quatrefages et contrairement à l'opinion couramment

(1) *Smiths. Instit., U. S. A. National Museum* (Bull. 108, 1920).

admise, un Termite différent de celui des Landes, transporté sans doute de l'Amérique du Nord dans les ports d'Aunis et de Saintonge vers la fin du XVIIIe siècle.

La France possède ainsi au moins deux espèces de *Reticulitermes* : l'une sûrement indigène, l'autre vraisemblablement exotique. Je rendrai compte, par d'autres Notes, de leur répartition réciproque et de l'importance relative de leurs dégâts.

ZOOLOGIE. — *Remarques sur la lobation du rein des Lamantins.* Note de M. **G. Petit**, transmise par M. Ch. Gravier.

En 1787, J. Hunter, signalant les relations qui paraissent exister entre la lobulation rénale et l'adaptation à la vie dans les eaux, constatait que les Lamantins, comme beaucoup d'animaux aquatiques, ont un rein lobulé. Depuis, les auteurs qui ont étudié, sur des individus d'espèce et d'âge divers, la morphologie externe des reins de Lamantins, n'ont apporté que des faits contradictoires (W. Vrolick, 1857; J. Murie, 1874; Von Pelzeln, 1883; F.-E. Beddard, 1897). Il résulte, en effet, de leurs constatations que les Lamantins pourraient avoir un rein tantôt superficiellement lobé, tantôt profondément lobé, tantôt absolument lisse.

L'attention n'a généralement pas été attirée sur l'existence de ces différences morphologiques. Cependant F.-E. Beddard s'est demandé s'il ne fallait pas attribuer à l'âge les causes de ces variations, tandis que U. Gerhardt (1911) estime qu'elles peuvent être considérées comme des variations spécifiques. Or, cette dernière interprétation ne se vérifie point par la comparaison des données actuelles. Par contre, nos recherches nous permettent d'accorder plus d'attention à l'hypothèse qui veut que la lobation superficielle du rein des Lamantins soit une acquisition due à l'âge.

En effet, en mettant en parallèle, après avoir réuni les observations des auteurs et les nôtres, l'état de la surface des reins des Lamantins et la longueur de ces organes (à défaut de la taille de l'animal qui n'est pas toujours indiquée), nous avons constaté en allant, sans tenir compte de l'espèce, du rein le plus petit au rein le plus grand, que la lobation, qui se manifeste à partir d'un certain stade, s'accentue d'une manière presque générale en même temps qu'augmente la longueur du rein.

S'il faut remarquer que cette interprétation n'a de valeur que dans les limites assez restreintes des cas jusqu'ici observés, il faut reconnaître

qu'elle repose sur des faits anatomiques certains. En effet, d'après nos observations et celles de F.-E. Beddard, le rein des fœtus ou des très jeunes individus (*Manatus senegalensis* Desm.; *M. latirostris* Harlan; *M. inunguis* Natt.) est absolument lisse. Les caractères externes du rein fœtal des Lamantins, de même nature que ceux offerts par le rein fœtal des Platyrrhiniens et des Catarrhiniens, par exemple [1], soulignent donc l'erreur qui consiste à généraliser la notion représentant le rein comme devant passer par un état de lobation fœtale avant d'acquérir la forme simple qu'il a chez l'adulte. Mais il apparaît, d'autre part, que l'acquisition d'une lobation rénale en partant d'un rein fœtal lisse est un processus exceptionnel. Car si le rein fœtal des Platyrrhiniens et des Catarrhiniens est toujours lisse, le rein des mêmes animaux adultes n'est jamais lobé. Si la lobulation du rein du Bœuf s'accentue avec l'âge, du moins cette lobulation est-elle déjà schématisée dans le rein des fœtus. Par contre, il est intéressant de signaler que le rein d'un autre Boviné, l'*Anoa depressicornis* H. Smith, d'après les observations de Heller (1890) sur le fœtus, de E. Lönnberg (1904) sur l'adulte, paraît suivre la même évolution que le rein des Lamantins.

Les remarques qui précèdent ne portent que sur les caractéres extérieurs des reins des Lamantins. Les auteurs, en effet, se sont contentés de noter l'aspect de leur surface et nous ne connaissons aucune description de la structure de ces organes. Or, négliger les caractères de structure conduit à dissimuler la complexité réelle de la question.

En effet, la coupe d'un rein de *Manatus senegalensis* Desm., encore jeune, à surface absolument lisse, nous a révélé une disposition interne nettement lobée, caractérisée par l'envahissement de la substance corticale entourant complètement les pyramides.

Cette disposition, comme le démontrent d'autres faits sur lesquels nous aurons l'occasion de revenir, doit être considérée comme une disposition secondaire et comme le résultat d'un processus de lobation rénale se poursuivant chez les Lamantins, au cours de l'ontogénie.

En outre, cette lobation rénale, dont l'acquisition paraît être déterminée par certaines conditions biologiques, peut ne se manifester chez les Lamantins que comme une disposition strictement interne. Ceci nous conduit donc à admettre, d'une manière plus générale, qu'une lobulation ou une lobation

---

(1) Voir A. ANTHONY et F. VILLEMIN, *La lobation du rein fœtal chez les Primates Comptes rendus*, 30 avril 1923).

superficielle, plus ou moins accentuée, représente souvent un processus complémentaire, de perfectionnement, qui peut ne pas se produire, alors que la structure du rein est celle d'un rein lobé.

Réciproquement, une structure interne, lobée ou lobulée, peut persister alors que disparaissent ou s'atténuent en surface les sillons révélateurs.

Ainsi, le rein des Dugongs, à surface toujours lisse, présente un compartimentage intérieur très complexe, qui équivaut à une lobation. Ainsi, le rein des Éléphants, qui d'un état fœtal plurilobulé paraît passer, chez l'adulte, à un état de conglobation, offre souvent, comme l'ont remarqué divers auteurs (en particulier : L. C. Miall et F. Greenwood, 1879; A. Pettit, 1908), une lobulation qui disparaît en surface par comblement des sillons, alors que la lobulation interne, qu'indique la division du parenchyme en champs polygonaux distincts, se maintient intégralement ou presque.

On peut donc désormais considérer la lobation rénale des Lamantins comme un phénomène très spécial, à caractère complexe et apparaissant suivant deux modalités différentes.

D'une part, une lobation interne qu'il faut considérer comme une acquisition secondaire se manifestant au cours de l'ontogénie. D'autre part, une lobation superficielle, plus tardive, qui vient compléter, en quelque sorte, les dispositions précédentes. Cette lobation superficielle semble s'indiquer et même s'accentuer avec l'âge. Il est vraisemblable en outre de supposer que des variations individuelles, dont les causes sont indéterminables, viennent modifier le degré et l'ampleur de cette lobation. Remarquons que ces variations individuelles, manifestées par une inégalité numérique des lobes, masquent l'évolution générale et normale de l'organe, dans le cas d'un rein dont la lobulation externe est en voie d'accroissement, comme celui du Bœuf, ou d'un rein dont la lobulation externe est en voie de disparition, comme celui de l'Éléphant.

MICROBIOLOGIE. — *Sur deux Bactéries parasites des larves de* Neurotoma nemoralis. Note [1] de M. A. **Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

Nos recherches sur les maladies microbiennes des Insectes nous avaient amené à conclure que le rôle frénateur des auxiliaires microbiens était géné-

---

[1] Séance du 2 janvier 1924.

ralement moins important que celui des Insectes prédateurs et parasites. Nous avons fait des constatations analogues en étudiant les causes naturelles de destruction de *Neurotoma nemoralis* L. dont les larves ou « Fausses-chenilles » vivent en parasites sur Pêchers et autres arbres à fruits à noyau. Sur plusieurs milliers de larves examinées, soit pendant la période de vie active, soit pendant le repos hivernal, nous n'avons pu isoler que deux espèces microbiennes parasites, intéressantes non par le rôle qu'elles peuvent jouer dans la lutte contre la Fausse-chenille, mais par leurs caractères morphologiques et par les réactions biologiques qu'elles provoquent lorsqu'on les introduit dans la cavité générale de certains Insectes.

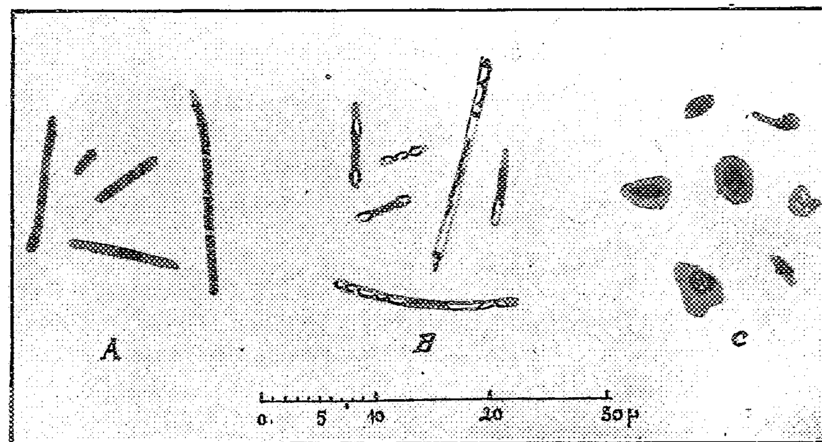
L'une des deux espèces, à laquelle nous donnerons de nom de *Bacillus neurotomæ*, est caractérisée par ses éléments allongés, immobiles non colorables par la méthode de Gram; l'autre espèce est un *Micrococcus* dont les éléments sont souvent cocciformes, non colorables par la méthode de Gram et dépourvus de motilité; nous lui donnerons le nom de *Micrococcus neurotomæ*.

B. neurotomæ cultive bien sur les milieux de culture ordinaires; le trouble apparaît assez tardivement en bouillon à la température de 25°; il ne se forme pas de voile à la surface, mais seulement un anneau à la surface de contact avec le verre; sur gélose ordinaire, la culture est d'aspect jaune brun; sa consistance est celle d'un mucus très épais. Le Bacille liquéfie la gélatine et digère lentement le sérum coagulé; il ne fait pas fermenter le glycose, le lévulose, le galactose, le lactose, la mannite et le saccharose.

Micrococcus neurotomæ donne des cultures luxuriantes sur tous les milieux; il trouble le bouillon beaucoup plus vite que l'espèce précédente et forme à la surface un voile blanc assez fragile. Sur gélose ordinaire, la culture est épaisse, blanchâtre, de consistance crème épaisse; il ne liquéfie pas la gélatine et ne digère par le sérum coagulé; il ne fait fermenter aucun des sucres cités plus haut.

Au point de vue morphologique, *B. neurotomæ* est une espèce des plus intéressantes : si l'on colore au mélange de Giemsa des Bacilles provenant de culture sur gélose d'âge différent, on met en évidence un véritable système chromatophile dont l'aspect varie avec l'âge de la culture : dans les Bacilles provenant de cultures jeunes la substance chromatophile, plus ou moins nettement différenciée, apparaît sous forme de bandes transversales disposées le plus souvent par paires; les éléments les plus courts, c'est-à-dire les plus jeunes, renferment seulement deux doubles bandes que nous considérons comme des diplocarions; l'allongement de la cellule est accom-

pagné d'une multiplication des diplocarions : on observe ainsi des éléments à 3, 4, *n* diplocarions (*fig.* A). Dans un certain nombre d'éléments, la substance chromatophile est condensée et forme un véritable noyau (*fig.* A). Ce type de structure est le seul que nous ayons rencontré jusqu'ici chez les Bactéries entomophytes. Lorsque la culture est plus âgée, la substance cytoplasmique des éléments bacillaires se vacuolise et la substance chromatophile se condense sous forme de filaments plus ou moins allongés qui épousent souvent la forme des vacuoles et leur servent de bordure (*fig.* B).



Dans les cultures jeunes, on observe qu'une certaine proportion d'éléments se renflent pour donner naissance à des masses plus ou moins volumineuses dans lesquelles la substance chromatophile est condensée : elles prennent ainsi l'aspect de véritables cellules nucléées; mais elles sont dépourvues de vitalité et constituent des formes de dégénérescence. Morphologiquement, la transformation des éléments allongés en masses arrondies est identique à celle dont nous avons signalé pour la première fois l'existence, dans la cavité générale de certaines chenilles inoculées avec divers Coccobacilles. Sans affirmer que la cause qui détermine la dégénérescence des Bacilles sur milieux de culture est la même que celle qui agit dans le sang vivant des chenilles, on peut néanmoins établir un rapprochement entre les deux ordres de phénomènes. Les hypothèses que nous avons d'ailleurs formulées pour expliquer la transformation des Coccobacilles dans le sang peuvent expliquer aussi la transformation et la mort subséquente des éléments de *B. neurotomæ* sur milieu de culture.

Les chenilles d'*Agrotis segetum* et *A. pronubana* inoculées avec *B. neuro-*

tomæ s'infectent sans réagir autrement que par phagocytose ; les larves de *Neurotoma nemoralis* s'infectent aussi, mais on peut observer, comme sur milieu de culture, la transformation de certains éléments en masses géantes qui dégénèrent ensuite.

Micrococcus neurotomæ est une espèce généralement peu virulente pour les Insectes, et cependant, elle se multiplie plus vite que l'autre espèce et ne provoque pas de réaction phagocytaire plus intense ; par contre, elle est souvent la cause de réactions intenses de type humoral qui se manifestent par la bactériolyse des éléments ou leur transformation en masses arrondies qui dégénèrent ensuite. Nous avons observé ces réactions notamment chez les chenilles d'*A. segetum* et *pronubana* et, quelquefois, chez les larves de *Neurotoma*. Ces faits viennent à l'appui de la thèse que nous avons formulée sur l'importance des réactions de type humoral dans l'immunité naturelle chez les Insectes.

BIOLOGIE. — *Nouvelles remarques sur la membrane de fécondation de l'œuf d'Oursin* (Paracentrotus lividus). Note de M. R. **Courrier**, transmise par M. Widal.

Nous avons vu dans une Communication précédente qu'on peut rendre l'œuf vierge d'Oursin perméable à l'eau et aux sels par différents procédés [1]. Poursuivant nos recherches, nous avons constaté que les œufs ainsi perméabilisés sont encore fécondables, mais qu'ils ne forment plus de membrane à la fécondation [2]. Les conditions extérieures étant les mêmes, si la membrane ne se forme pas, c'est que les substances, émises par l'œuf normal après l'entrée du spermatozoïde, ne sortent plus de l'œuf soumis à ces différents procédés. Ce fait corrobore la conclusion que nous avions formulée il y a quelques mois [3], à savoir qu'un œuf, ou non arrivé à maturité, ou atteint dans la constitution intime de son cytoplasme (dans nos expériences, le protoplasme est sûrement touché puisqu'il devient perméable) ne rejette plus à la fécondation les produits qui interviennent dans la formation de la membrane. Le fait est intéressant si l'on envisage la membrane comme test de l'élimination de certains déchets ovulaires,

(1) *Comptes rendus*, décembre 1923.

(2) Ce fait avait déjà été signalé par Brachet après action du sperme vivant de l'Hermelle.

(3) *Comptes rendus*, avril 1923.

car il indique qu'on peut bloquer en partie « la réaction épuratrice » de Bataillon.

Que deviennent ces œufs fécondés qui ne forment pas de membrane? On constate qu'ils s'arrêtent plus ou moins tôt au cours de leur segmentation. Cet arrêt de développement peut être dû ou bien à la polyspermie parfois très abondante, ou bien à une intoxication de l'œuf par la substance qui l'a attaqué; ou bien encore à un empoisonnement du plasma ovulaire par les déchets non éliminés à la fécondation; enfin Brachet, dans ses expériences avec le sperme de l'Hermelle, avait supposé que l'œuf succombait par privation d'eau et de sels, étant enserré dans une gangue imperméable représentée par la membrane non soulevée. Il est difficile de se rallier à ce point de vue puisque l'œuf soumis à l'action de la toxine contenue dans le corps et le sperme de l'Hermelle est plus perméable qu'un œuf normal. Nous laisserons de côté les œufs intoxiqués par le KCN ou le rouge Congo, substances qui ont une action brutale et provoquent une forte polyspermie. Nous considérerons uniquement les œufs soumis à la toxine de l'Hermelle. Ceux-ci ne sont pas polyspermiques comme Brachet l'avait déjà signalé. Leur développement s'arrête en général à la blastula et, fait capital déjà enregistré par Brachet, l'œuf est capable d'évoluer normalement et d'atteindre le stade *Pluteus* si on le traite par l'acide butyrique au cours de ses premières segmentations. On guérit donc l'œuf par le traitement membranogène de la technique de Loeb. C'est ce traitement qui provoque l'élimination de certains déchets colloïdaux dans la parthénogénèse chimique. On a ainsi le droit de supposer que l'arrêt au stade blastula est dû à l'absence d'élimination de ces déchets au moment de la fécondation. La théorie de Bataillon s'appliquerait ainsi à l'œuf d'Oursin, d'une façon moins rigoureuse il est vrai que chez les Batraciens, puisque l'évolution atteint le stade blastula sans qu'une membrane se soit formée. Nous avons d'ailleurs vu dans quelques cas le développement aller jusqu'au *Pluteus*. Quoi qu'il en soit, le traitement membranogène exerce une influence très nette, comme Brachet l'a constaté le premier.

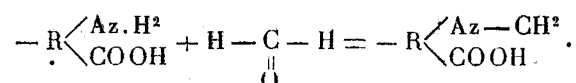
Nous venons de voir qu'en attaquant l'œuf vierge d'Oursin par différentes substances, il est possible d'inhiber la formation de la membrane à la fécondation; c'est une action sur le protoplasme ovulaire qui n'émet plus alors de déchets membranogènes. Mais si la membrane est bien due à une précipitation de produits ovulaires arrivant au contact du milieu extérieur, on peut éviter sa formation sans attaquer l'œuf, mais en agissant simplement à la porte de celui-ci. Il suffit pour cela de modifier la constitution

physico-chimique du milieu ambiant. L'œuf rejettera ses déchets, mais ceux-ci ne se précipiteront plus.

Les œufs émettent leur membrane 40 secondes environ après l'insémination quand ils sont dans une eau de mer normale ($P_H = 8,2$). Si nous plongeons des œufs dans une eau de mer acide ($P_H = 2,2$) 25 secondes après l'insémination, on constate que la membrane ne se forme pas; ces œufs reportés dans l'eau de mer normale évoluent jusqu'au stade *Pluteus*. On peut répéter l'expérience avec P_H 4 ou 6; dans ce cas les membranes sont incomplètes quand les œufs sont plongés 25 secondes après l'insémination; mais si l'expérience se fait plus tôt, la plupart des œufs ne forment plus de membrane, d'autres en ont encore une très près de la surface ovulaire; le développement est normal. En faisant l'expérience avec de l'eau de mer alcalinisée par KOH ($P_H = 11$) on n'inhibe pas la membrane. Par contre, si l'on plonge des œufs 25 secondes après l'insémination dans une solution à 5 pour 100 de KCN dans l'eau de mer ($P_H = 11$), la membrane ne se forme pas. Il ne s'agit pas dans ces expériences d'une atteinte du protoplasme ovulaire qui ne rejetterait plus de déchets membranogènes, car nous avons vu qu'avec le KCN ou l'eau de mer acidifiée, il faut une vingtaine de minutes pour que l'œuf vierge soit attaqué et ne forme plus de membrane; ici, au contraire, nous agissons en quelques secondes. Le mode d'action semble donc différent; dans un cas on lèse l'œuf et l'on inhibe sa réaction épuratrice; dans l'autre cas on agit à la porte de l'œuf sur les substances qui en sortent. Dans le premier cas, le développement est la plupart du temps anormal; dans le second, l'œuf évolue jusqu'au stade *Pluteus*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Application de la réaction de Sörensen à l'étude de la toxicité de la tuberculine.* Note (1) de MM. E. **Fernbach** et G. **Rullier**, présentée par M. Roux.

Sörensen a montré que, si l'on fait agir du formol sur des corps répondant à la formule générale $-R\langle{}^{Az.H^2}_{COOH}$, la réaction suivante se produit :



$$-R\langle{}^{Az.H^2}_{COOH} + H-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-H = -R\langle{}^{Az-CH^2}_{COOH}.$$

(1) Séance du 2 janvier 1924.

La méthode la plus généralement répandue à l'heure actuelle pour le dosage des acides aminés repose sur cette réaction.

La tuberculine brute de l'Institut Pasteur (extrait glycériné préparé à chaud de cultures de bacilles tuberculeux) contient, à côté de corps azotés de structure compliquée, des acides aminés, auxquels la réaction générale mentionnée ci-dessus est applicable.

Dans la tuberculine brute, préalablement neutralisée vis-à-vis de la phtaléine, il suffit d'ajouter un léger excès de formol, également neutre au même réactif pour voir apparaître une acidité permanente, qu'il devient facile de mesurer avec précision.

Quel est l'effet que va produire ce blocage précis, méthodique et successif de la fonction amine ou de la fonction acide ainsi apparue sur le pouvoir toxique bien connu de la tuberculine vis-à-vis du cobaye tuberculeux ? L'expérience suivante répond à cette question.

Tous les animaux dont nous nous sommes servis étaient tuberculisés depuis six semaines par une injection sous-cutanée d'une émulsion de B. tuberculeux (Race bovine de Vallée).

Une quantité de bouillon identique à celui qui sert à préparer la tuberculine, traité par un volume suffisant de formol à 40 pour 100 dilué de son volume d'eau et injecté à la même dose que la tuberculine est incapable de tuer le cobaye tuberculeux.

Notre tuberculine tue l'animal en moins de 12 heures à la dose de 5^{cm^3} d'une dilution au $\frac{1}{10}$: soit deux doses mortelles (1er témoin).

A. *Tuberculine dont l'acidité primitive a été simplement neutralisée à la soude* $\frac{N}{1}$ (2e témoin) :

Un cobaye inoculé avec deux doses mortelles... *mort en moins de 12 heures.*

B. *Tuberculine alcalinisée après neutralisation* (3e témoin) :

Un cobaye inoculé avec deux doses mortelles... *mort en moins de 12 heures.*

C. *Tuberculine où les groupements aminés sont bloqués* (traitement au formol à 40 pour 100, dilué de son volume d'eau et neutralisé) :

Trois cobayes inoculés avec deux doses mortelles. *Mort des trois animaux* dans les mêmes délais que les témoins.

D. *Tuberculine où les groupements aminés étant bloqués par le formol, les groupes carboxyle sont alors neutralisés exactement par la soude :*

Trois cobayes inoculés avec deux doses mortelles. *Les trois animaux sont vivants au bout de six jours.*

E. *Tuberculine dont les fonctions aminées ont été bloquées et dont la fonction acide a été neutralisée, puis remise en liberté par acidification :*

Deux animaux inoculés avec deux doses mortelles. *Mort de ces deux animaux* dans les mêmes délais que les témoins.

Dans toutes les additions de réactifs que nous avons pratiquées à 20°, nous n'avons jamais observé le moindre phénomène de précipitation.

Il suit de ces expériences que :

1° La neutralisation et l'alcanilisation de la tuberculine, sans formolisation préalable, n'amènent aucun changement dans le pouvoir toxique (2e et 3e témoins).

2° La suppression de la fonction amine par combinaison avec le formol n'entraîne pas la disparition de la toxicité (C).

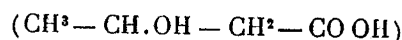
3° Par contre, la neutralisation par la soude de la fonction COOH qui apparaît après formolisation, annule le pouvoir mortel de la tuberculine vis-à-vis du cobaye tuberculeux (D), et ce pouvoir mortel, il nous est possible de le faire réapparaître par réacidification (E).

Il semble donc que la fonction carboxyle (COOH) *joue un rôle important dans la toxicité de la tuberculine.*

Il y a quelques années, M. Jousset [1] avait pu conclure de ses recherches que la tuberculine n'accompagnait ni les albumines, ni les peptones, mais bien les acides aminés. Le présent travail tend à prouver qu'il y a entre la toxicité de la tuberculine et la présence d'acides aminés un rapport encore plus étroit et, comme conséquence de nos observations nous entrevoyons la possibilité de faire, par voie chimique, un dosage précis du pouvoir toxique de la tuberculine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Production d'acide β-oxybutyrique par processus microbien.* Note [2] de M. Lemoigne, présentée par M. Gabriel Bertrand.

J'ai démontré que l'on peut caractériser l'acide β-oxybutyrique



$$(CH^3 - CH.OH - CH^2 - CO\,OH)$$

dans des macérations aqueuses de certaines bactéries [3]. Je désignerai sous la dénomination de *Bacille* M la bactérie que j'ai principalement utilisée pour ces recherches.

(1) A. Jousset, *Bull. Ac. Méd.*, juin 1914, et *Revue de la Tuberculose*, juillet 1915.

(2) Séance du 2 janvier 1924.

(3) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1761.

Dans le travail présent, j'établirai que cet acide est un produit physiologique normal que l'on peut caractériser dans la masse microbienne avant toute autolyse et que, d'autre part, il dérive, par un processus biochimique, de substances intracellulaires.

I. Si l'on cultive le *Bacille* M sur gélose sucrée et peptonée, on constate que la matière crémeuse constituée par les bacilles est nettement acide. Dans les cultures âgées, alors que les glucides ont disparu du milieu, la réaction devient alcaline par suite de la formation d'ammoniaque. Le tableau suivant donne les variations de l'acidité, exprimée en centimètres cubes de solution normale. Les chiffres se rapportent à 300^{cm^3} de dilution microbienne examinée de suite, avant toute autolyse.

Age de la culture	2 jours	5 jours	9 jours
Microbes secs en grammes	$6^g,3$	$7^g,16$	$2^g,45$
Acidité totale	$2^{cm^3},1$	$2^{cm^3},25$	alcalin
Alcalinité totale	acide	acide	2,97
Acidité pour 100^g de microbes secs	33,3	31,4	»

Pour déterminer la nature chimique de l'acide qui se forme dans ces conditions, il faut disposer d'une quantité importante de bacilles. J'ai utilisé dans ce but la méthode de Nicolle et Alilaire. Huit boîtes de Nicolle donnaient, après 48 heures, 150^g de bactéries fraîches correspondant à 33^g de matière sèche. Les bacilles frais sont, au fur et à mesure de leur récolte, mis dans quatre volumes d'alcool à 96°. J'ai pu en extraire un acide fixe, soluble, sirupeux, qui possède un pouvoir rotatoire lévogyre élevé et qui donne, par distillation, de l'acide α-crotonique ($CH^3-CH=CH-COOH$) dont les cristaux sont caractérisés par leur point de fusion et leur indice d'acide.

Ces faits prouvent nettement que l'acidité initiale du *Bacille* M est due à la présence de l'acide β-oxybutyrique qui doit être considéré comme un produit physiologique normal de cet organisme cultivé en milieu complet. Plusieurs essais m'ont permis d'établir, qu'en moyenne, 100^g de bacilles secs contiennent $3^g,5$ d'acide.

II. La présence d'acide β-oxybutyrique dans les microbes normaux peut faire supposer que l'acidification que j'ai observée antérieurement dans les macérations aqueuses du *Bacille* M n'est due qu'à la diffusion d'acide préformé dans le corps microbien, diffusion facilitée par la désagrégation cellulaire se produisant au cours de l'autolyse. L'influence de la température prouve qu'il n'en est pas ainsi. Nulle au-dessous de 15°, la production d'acide est maxima entre 30° et 35°, subsiste, bien que ralentie,

à 50° et devient nulle à 100° et 120°. Les microbes portés à 100° perdent la propriété de s'acidifier ultérieurement. Ces faits ne peuvent s'expliquer qu'en admettant, au cours de la macération aqueuse, la formation biologique et très vraisemblablement diastasique, d'acide β-oxybutyrique aux dépens d'une substance mère non acide.

D'autre part, contrairement à ce qui se produit dans d'autres phénomènes d'acidification par processus microbien, la quantité d'acide formée est réglée, non par l'acidité finale du milieu, mais uniquement par la quantité de microbes mis en œuvre, quel que soit l'âge de la culture et son degré de dilution : en moyenne 100^g de bacilles secs donnent de 15 à 19^g d'acide, soit environ cinq fois plus qu'avant autolyse.

Entre autres expériences ayant servi à établir cette moyenne, je citerai l'essai suivant dans lequel on compare des macérations aqueuses de trois jours, faites à 30° avec des cultures de deux, cinq et neuf jours. Les chiffres se rapportent à 300$^{cm^3}$.

	Age des cultures.		
	2 jours.	5 jours.	9 jours.
Acidité finale en centimètres cubes de solution N..	13,65	15,15	1,35
Acide β-oxybutyrique formé....................	1^g,2	1^g,34	0^g,447
Acide β-oxybutyrique pour 100^g de bacilles secs..	19^g	18^g,7	18^g,2

Dans le dernier cas, la réaction qui, au début, était alcaline, est devenue acide après macération aqueuse. Dans les trois cas, bien que les réactions finales des milieux soient différentes, les quantités d'acide formées pour un même poids de microbes sont sensiblement les mêmes. Ces faits indiquent nettement que ce qui limite l'acidification c'est l'épuisement en matière première susceptible de se transformer en acide.

Cette substance mère peut être une substance soluble (glucide, protide ou dérivés) provenant du milieu de culture imbibant la masse bacillaire ou, au contraire, être contenue à l'intérieur même des corps microbiens.

On peut résoudre facilement cette question si, par centrifugation, on élimine la majeure partie des produits solubles. Le culot microbien reste imprégné d'un liquide qui ne renferme au début que 0^g,056 d'extrait sec soluble. Après quarante-huit heures de macération dans l'eau distillée, on constate la formation de 0^g,157 d'acide, quantité triple de l'extrait soluble initial.

La substance mère de l'acide β-oxybutyrique est donc nécessairement un produit intracellulaire, peu dialysable.

Conclusions. — L'acide β-oxybutyrique est un produit physiologique

normal du *Bacille* M cultivé en milieu complet. Il provient de la transformation biologique d'une substance mère intracellulaire, réserve somatique ou protoplasme.

MICROBIOLOGIE. — *La microsporidiose du lapin; ses relations avec la rage.* Note de MM. C. **Levaditi**, S. **Nicolau** et Mlle R. **Schoen**, présentée par M. Roux.

Dans deux Notes présentées à la Société de Biologie (1), nous avons précisé la nature de l'*Encephalitozoon cuniculi*, agent étiologique de l'encéphalite épizootique du lapin. Les caractères morphologiques des spores, l'existence de kystes libres, ou inclus dans le protoplasma des cellules névrogliques, ou des épithéliums rénaux, la ressemblance avec les microsporidies des insectes (*Nosema bombicis*, pébrine), des poissons (*Thélohania* Henneguy, *Glugea lophii* Doflein) (2) et des reptiles, nous ont autorisé à affirmer que l'*Encephalitozoon est une microsporidie. C'est pour la première fois que l'on rencontre une microsporidie pathogène pour les mammifères.*

De nouveaux faits ont été observés depuis :

1° L'examen microscopique du sédiment obtenu par centrifugation de l'*urine* recueillie par ponction vésicale, chez deux lapins infectés, nous a révélé d'assez nombreuses spores microsporidiennes. De plus, nous avons examiné l'urine d'un lapin qui avait vécu pendant six mois au contact d'animaux inoculés (contamination spontanée); nous y avons découvert les mêmes spores. En outre, l'examen histologique du rein montre que bon nombre de tubes droits sont farcis de kystes. On peut suivre l'évolution du parasite dans la cellule rénale, jusqu'à l'éclatement du kyste, le déversement des spores dans la lumière du canalicule rénal et leur élimination par l'urine. Ces données permettent de comprendre le mode de propagation de la maladie. Les spores, présentes dans l'urine, souillent les matières alimentaires et pénètrent, avec elles, dans l'estomac et l'intestin. *La transmission de la maladie paraît donc s'effectuer par la voie digestive* (3).

2° Une émulsion d'encéphale, pauvre en microsporidies, a été inoculée dans le péritoine de plusieurs souris. Une de ces souris est morte 18 jours après l'inoculation. L'exsudat péritonéal montre un grand nombre de

(1) Levaditi, Nicolau et Mlle Schoen, *C. R. Soc. Biol.*, t. 89, 1923, p. 989 et 1157.
(2) Doflein, *Zoolog. Jahrb.*, t. 11, p. 290.
(3) D'autres voies de propagation sont possibles.

parasites inclus dans des kystes intra-cellulaires. Le noyau des cellules parasitées est rejeté à la périphérie, le protoplasma contient une vacuole remplie de spores. L'*Encephalitozoon* est présent dans le *foie* du même animal, inclus dans les cellules de Kupfer. L'encephalitozoon *est donc capable de se développer dans l'organisme de la souris.*

3° *Analogie avec la rage.* — La présence d'une microsporidie virulente dans l'organisme d'un mammifère permet de supposer que des maladies, autres que l'encéphalite épizootique, pourraient être provoquées par des microorganismes appartenant au groupe des microsporidies. *Nous pensons que la rage peut être une de ces maladies microsporidiennes.* Voici les arguments qui nous autorisent à formuler cette hypothèse :

a. Certaines microsporidies se développent dans le système nerveux. On les trouve, en effet, dans les centres nerveux des vers à soie (*Nosema bombicis*) et tout particulièrement dans le névraxe du *Lophius pescatorius*, où la *Glugea lophii* [Doflein (1)] provoque des lésions et pénètre dans les cellules nerveuses, pour donner lieu à des kystes.

b. On sait que le virus rabique pullule dans les glandes salivaires et qu'il s'élimine par la salive [Roux (2)]. Or la pébrine se développe, elle aussi, dans l'épithélium des glandes séricifères, qui en élimine les spores, de même que l'*Encephalitozoon* se multiplie dans les cellules rénales, pour être excrété avec l'urine. La rage serait donc une microsporidiose, dans laquelle le parasite envahit à la fois les centres nerveux et certaines glandes dont la sécrétion entraîne le virus vers l'extérieur, se comportant ainsi comme l'encéphalite épizootique du lapin et bien d'autres microsporidioses.

c. Les corps de Negri de la rage ont l'apparence et les affinités colorantes des kystes microsporidiens. Ces corps, libres ou inclus dans les neurones de la corne d'Ammon, se colorent, comme les kystes de l'*Encephalitozoon*, par la méthode de Mann, par l'hématoxyline ferrique et par le bleu de Unna [*c. f.* Manouélian (3)]. Les corps de Negri offrent l'aspect de kystes entourés d'une membrane (Manouélian) et sont constitués par de petits corpuscules élémentaires, véritables spores microsporidiennes.

Il est donc fort possible que la rage soit une infection provoquée par une microsporidie de dimensions très réduites, bien plus petite que l'*Encephalitozoon*. Les corps de Negri représenteraient les pansporoblastes ou les

(1) Doflein, *Lehrbuch der Protozoenkunde*, Fischer, Jena, 1916.
(2) Le virus existe aussi dans le pancréas.
(3) Manouélian, *Annales de l'Institut Pasteur*, t. 26, 1912, p. 973.

kystes microsporidiens, les corpuscules élémentaires seraient des spores, dont le diamètre restreint rendrait possible leur filtration à travers les bougies. Rien d'étonnant à cela, puisque les dimensions des microsporidies connues varient dans des limites assez larges (de 1 μ à plusieurs μ).

Des recherches en cours permettront de vérifier l'*hypothèse de la nature microsporidienne du virus rabique*.

MICROBIOLOGIE. — *A propos des irrégularités de la fermentation lactique en présence de certains antiseptiques*. Note (¹) de M. **Auguste Lumière**, présentée par M. Roux.

En ensemençant de la même manière, au moyen du bacille lactique, une série de tubes renfermant le même volume de milieu de culture et en maintenant ces tubes à l'étuve pendant le même temps, tous les bactériologistes qui ont, avant nous, étudié la fermentation, croyant ainsi opérer dans des conditions identiques, ont cependant toujours constaté que la quantité d'acide lactique formé variait d'un tube à l'autre.

M. Richet et ses élèves ont observé en outre que ces irrégularités s'accentuaient considérablement lorsque le milieu de culture était additionné de certains antiseptiques et notamment de sublimé.

Ne pouvant découvrir la cause de ces variations, ces auteurs en ont accusé le microbe.

Or il nous a semblé difficilement explicable que des lots d'ensemencement, composés chacun de centaines de millions de bacilles ayant la même origine, puisés dans la même culture mère, puissent jouir de propriétés différentes.

Reprenant méthodiquement l'étude de tous les facteurs de l'expérience, nous avons réussi à établir une technique précise grâce à laquelle ces irrégularités disparaissent (²).

La fermentation devient d'une régularité complète, aussi bien en milieu normal qu'en présence de sublimé, *quelle que soit la dose de poison employée et le nombre de germes d'ensemencement*, *que l'on arrête la fermentation à son début ou qu'on la prolonge pendant plusieurs jours*.

(¹) Séance du 2 janvier 1924.

(²) Auguste Lumière, *Contribution à l'étude de la fermentation lactique et des propriétés des microbes* (*Annales de l'Institut Pasteur*, novembre 1923, p. 967-987).

Nos résultats sont contestés par M. Richet ([1]) qui, reprenant les mêmes expériences, n'est pas parvenu à obtenir la constance de la fermentation et prétend que des variations dans la prolifération microbienne s'accusent quand le nombre de microbes d'ensemencement et le temps de séjour à l'étuve diminuent. Il en conclut qu'il n'y a pas lieu de tenir compte de notre travail.

Cette opinion nous semble un peu trop hâtivement exprimée pour les raisons suivantes :

Si nos résultats sont négligeables, c'est qu'ils sont entachés d'erreur et que nous avons mal opéré, or comment peut-il se faire qu'en opérant mal nons ayons la plus complète régularité dans la formation de l'acide lactique, tandis que M. Richet, qui opérerait bien, n'obtiendrait que des irrégularités ?

Ce qui tend à prouver que ce sont nos résultats qui sont valables, c'est qu'au voisinage de la dose antivégétative, l'acidité des bouillons, toujours égale dans tous les tubes d'un même essai, est inversement proportionnelle à la quantité d'antiseptique introduite dans le milieu cultural.

La représentation graphique du phénomène est une ligne droite et pour qu'une loi aussi précise se dégage d'un ensemble de dosages expérimentaux, il faut nécessairement qu'aucune erreur ne se soit glissée dans les déterminations.

Lorsque nous avons cherché à nous rendre compte de l'influence du nombre de germes sur la régularité de la fermentation, nous avons dilué notre culture mère de façon qu'elle renferme seulement, à volume égal, 1000, 10000, 100000 et même 150000 fois moins de bacilles que la culture initiale et nous avons tout d'abord enregistré, en présence du sublimé, les mêmes variations que celles signalées par M. Richet. Mais nous avons bientôt trouvé la cause de ce trouble dans l'insuffisante homogénéité de la culture d'ensemencement qui renfermait des amas microbiens plus ou moins volumineux en même temps que des microorganismes isolés.

Par vive agitation, puis centrifugation pour éliminer les amas agglutinés, nous avons obtenu une culture très homogène ne renfermant plus que des éléments dispersés et avec laquelle la régularité fermentative s'est de nouveau montrée d'une façon complète.

Il est probable que les amas, constitués surtout par des cadavres micro-

---

([1]) Ch. Richet, *Antiseptiques réguliers et irréguliers* (*Comptes rendus* p. 1262).

biens agglutinés, sont capables de fixer plus facilement le sublimé que les microbes vivants.

Quand on utilise une culture très diluée, le nombre de ces amas qui absorbent le chlorure mercurique peut varier d'un tube à l'autre, certains peuvent même n'en point renfermer, si la dilution est poussée très loin et l'on comprend ainsi pourquoi l'emploi d'une culture non parfaitement homogénéisée donne des variations d'autant plus grandes que cette culture est plus diluée.

Il est également probable que c'est cette cause d'erreur qui intervient dans les irrégularités des dosages de M. Richet et nous persistons à penser que ce sont nos résultats qui doivent être retenus et non ceux de cet expérimentateur.

M. Richet tire de ses expériences une conclusion d'ordre pratique en disant qu'il faut tenir compte, en chirurgie, de l'infidélité des effets du sublimé; nous sommes entièrement d'accord avec lui sur ce point, déjà connu et admis d'ailleurs depuis longtemps par les chirurgiens. Cette notion découle en réalité d'un autre ordre de faits : suivant la nature et l'état d'une plaie, l'antiseptique épuise plus ou moins complètement et inutilement son action en se combinant avec certaines matières protéiques inertes; il précipite certaines matières albuminoïdes et devient inopérant.

Nos travaux ont, en définitive, démontré que les irrégularités de la fermentation lactique constatées par nos devanciers ne proviennent que de la non-identité des conditions de leurs expériences et que les propriétés fondamentales de la cellule vivante élémentaire — le microbe, en l'espèce — ont un grand caractère de fixité, qu'elles ne sauraient être mises en cause pour expliquer les variabilités de la fermentation.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Rôle des traumatismes dans l'infection charbonneuse du cobaye par les voies digestives.* Note [1] de M. **A. Boquet**, présentée par M. Roux.

Pasteur, Chamberland et Roux ont observé que les animaux de laboratoire, et surtout le cobaye, si sensibles aux autres modes d'inoculation, opposent à l'infection charbonneuse expérimentale par les voies digestives une résistance presque insurmontable. D'autre part, les expériences de

[1] Séance du 26 décembre 1923.

Besredka sur le cobaye tendent à montrer que seule la peau est sensible à la bactéridie. Or il est couramment admis (Nocard et Leclainche), et cette opinion est fondée sur les caractères cliniques et anatomo-pathologiques du charbon, que les voies digestives sont la porte d'entrée habituelle de l'infection naturelle. La contradiction est si flagrante entre ces données qu'il nous a paru utile de chercher l'explication des faits sur lesquels elles reposent.

Si l'on fait ingérer à des cobayes, à jeun depuis 36 heures, une grande quantité de spores charbonneuses (le contenu d'une boîte de Roux pour trois cobayes) répandues sur du pain, les ensemencements de leur sang prélevé par ponction cardiaque, après asepsie de la peau, fournit 6 fois sur 10 une culture pure de bactéridies. La présence de ces microbes dans le sang peut être ainsi décelée depuis la deuxième jusqu'à la huitième heure après le repas infectant. Au delà, les ensemencements restent stériles (sauf tardivement dans les cas de septicémie secondaire). Comme un cobaye seulement, sur 6 infectés par ingestion, meurt de charbon en 4 à 9 jours, souvent avec œdème sous-glossien, il semble que beaucoup d'animaux résistent à la bactéridie absorbée au niveau des voies digestives et se comportent comme les animaux de Besredka, inoculés par voie endoveineuse.

Les cobayes qui ont résisté à l'ingestion de doses massives de premier et de deuxième vaccin anticharbonneux à 8 ou 10 jours d'intervalle, succombent lorsque, 3 semaines après, ils sont éprouvés avec $\frac{1}{10}$ de centimètre cube de deuxième vaccin injecté sous la peau (dose minima mortelle $\frac{1}{5000}$ de centimètre cube).

Le fait suivant nous a particulièrement frappé au cours de nos expériences. Tous les cobayes, sauf un sur une vingtaine, saignés par ponction cardiaque 2 à 20 heures après le repas infectant, sont morts de charbon, souvent avec œdème autour du point de pénétration de l'aiguille. Au contraire, les animaux infectés de la même manière, mais non saignés, n'ont succombé que dans la proportion de 1 sur 6. L'idée s'imposait que le charbon ainsi observé était d'origine interne, développé à la faveur de la blessure cutanée et musculaire de la ponction. Nous avons alors fait l'expérience que voici :

Vingt et un cobayes neufs, à jeun, ingèrent chacun, comme les précédents, le contenu d'un tiers de boîte de Roux de spores charbonneuses (deuxième vaccin). Quatre sont saignés : 3 heures après (culture négative), 4 heures après (culture positive), 5 heures après (culture positive) et 20 heures après (culture négative). Tous meurent de charbon.

Six des cobayes survivants, dont la peau avait été rasée sur une surface

de 8^{cm^2} à 10^{cm^2}, épilée sur une même étendue, scarifiée ou contusionnée, et deux cobayes ayant reçu, sous la peau, 2^{cm^3} de solution de Locke, meurent de charbon du 4e au 6e jour.

Sur neuf cobayes du même lot, non traumatisés, un seul meurt de charbon. Des sept cobayes neufs témoins, traumatisés comme les premiers, et laissés à leur contact pour le contrôle de l'infection d'origine externe, aucun n'est contaminé.

Même si, tenant compte de la souillure des téguments par les déjections virulentes, on devait attribuer à une infection exogène la mort des cobayes rasés ou scarifiés, il n'en apparaît pas moins, à l'examen de ces faits, que la bactéridie véhiculée par le sang ne se fixe que dans les tissus contus et ne se multiplie, pour créer le charbon, que dans les épanchements hémolymphatiques provoqués par les traumatismes.

Il résulte de nos expériences que, malgré la pénétration constante des spores charbonneuses dans la circulation sanguine pendant la digestion d'aliments infectés, le cobaye sain présente, ainsi que l'avaient montré Pasteur, Chamberland et Roux, une grande résistance à l'infection charbonneuse par les voies digestives, quelque importantes que soient les doses de spores ingérées.

Les bactéridies absorbées passent rapidement dans le système circulatoire où elles sont décelables, par l'hémo-culture, 2 à 8 heures après le repas infectant. Elles peuvent circuler dans le sang pendant plusieurs heures sans créer le charbon ni l'immunité contre cette affection. Mais la réceptivité du cobaye est accrue, et l'infection rendue presque certaine lorsque, pendant les quelques heures que le sang véhicule des bactéridies, la peau est lésée par un traumatisme. L'hypothèse de Pasteur sur l'origine digestive du charbon, et la notion nouvelle apportée par Besredka de l'extrême sensibilité de la peau lésée à l'infection bactéridienne, trouvent dans ces faits leur confirmation.

A 15^h30^m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE NOVEMBRE 1923 (*suite et fin.*)

Étude théorique et expérimentale sur les coups de bélier dans les conduites forcées, rapports de MM. E. JOUGUET, A. RATEAU et DE SPARRE, établis à l'occasion du IIe Congrès de la Houille blanche. Paris, Dunod et Pinat, 1917; 1 vol. 28cm.

Faune de France : diptères anthomyides, par E. SÉGUY. Paris, Presses universitaires de France et Paul Lechevalier, 1923; 1 vol. 25cm.

Traité de Mécanique rationnelle, par PAUL APPELL. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1924; 1 vol. 25cm.

Recueil des nivellements des chemins de fer de la Russie d'Europe, catalogue des hauteurs absolues et *Données sommaires météorologiques et océanographiques pour les mers de Kara et de Sibérie*, par JULES DE SCHOKALSKY. Petrograd, 1918; 2 vol. 27cm.

Historical mathematical Paris, par DAVID EUGÈNE SMITH. American mathematical monthly, 1923; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Hadamard.)

Cartes économiques de l'Afrique occidentale française, publiées sous le haut patronage du Ministre des Colonies, par A. MEUNIER, géographe du Ministère des Colonies : n° 1, *Cultures alimentaires, fourragères et médicinales;* n° 2, *Cultures industrielles;* n° 3, *Oléagineux;* n° 4, *Forêts;* n° 5, *Élevage;* n° 6, *Faune*. Paris, chez l'auteur, 1922; 6 planches 106 × 75cm.

La chronaxie chez l'homme, par GEORGES BOURGUIGNON. Paris, Masson et Cie, 1923; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. A. d'Arsonval.)

Cours d'épuration des eaux et assainissement des cours d'eau, IIIe Partie du Cours d'hydraulique, par M. DIÉNERT. Paris, École spéciale des Travaux publics, 1922; 1 vol. 22cm. (Présenté par M. E. Roux.)

Fisiologia ed aviazione, par AMEDEO HERLITZKA. Bologna, Nicola Zanichelli, 1923; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. Ch. Richet.)

De la voix : étude scientifique de sa formation et de son émission; ses maladies, par J. BARATOUX. Paris, Gutheil, 1923; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. Bazy.)

Mémorial de l'Artillerie française (tome I : 1er, 2e, 3e, 4e fascicules; tome II : 1er fascicule). Paris, Imprimerie nationale, 1923; 5 vol. 25cm. (Présentés par M. H. Sebert.)

Études glaciologiques. Ministère de l'Agriculture, direction des Eaux et Forêts (Tome IV). Paris, Imprimerie nationale, 1922; 1 vol. 27cm.)

Bau und Entatehung der Alpen, par L. KOBER. Berlin, Gebrüder Borntraeger, 1923; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. Termier.)

Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Russie, janvier, décembre. Petrograd, 1922; 1 fasc. 26cm.

Le sorgho, son histoire, ses applications, par André Piédallu. Paris, Société d'éditions géographiques maritimes et coloniales, 1923; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Costantin.)

L'hérédité chez la betterave cultivée, par Jacques Levêque de Vilmorin. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1923; 1 vol. 27cm. (Présenté par M. P. Dangeard.)

Biologia sociale, par Guido Cremoneze. Firenze, Baccio Bacci, s. d.; 1 vol. 24cm.

ERRATA.

(Séance du 22 octobre 1923.)

Note de M. *Ladislas Gorczynski*, Sur la diminution de l'intensité dans la partie rouge du rayonnement solaire, observée entre l'Europe et l'Équateur :

Page 754, ligne 8, *au lieu de* Gorczinski, *lire* Gorczyński.

Page 755, ligne 15, *au lieu de* 35, *lire* 45.

Page 756, ligne 12, *au lieu de* à Varsovie, *lire* au cours du voyage; ligne 14, *au lieu de* cette variation, *lire* cette variation du « rouge ».

(Séance du 13 novembre 1922.)

Note de M. *Charles-L.-R.-E. Menges*, Sur le coefficient de Fresnel :

Page 868, ligne 4, souligner le mot *coefficient;* ligne 9, *au lieu de* L'entraînement dmis, *lire* L'entraînement partiel admis; ligne 4 en remontant, *au lieu de* il n'y a pas d'entraînement, *lire* il n'y a pas de *coefficient* d'entraînement.

(Séance du 10 décembre 1923.)

Note de M. *L. Lecornu*, Sur la torsion des arbres de transmission :

Page 1236, ligne 7, *au lieu de* temps employé, *lire* temps T employé.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 JANVIER 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE. — *Sur la présence simultanée du celtium et des terres yttriques, dans quelques minéraux de zirconium.* Note (¹) de MM. **Ed.** et **G. Urbain.**

Si toutes les théories — cristallographiques, thermodynamiques, atomistiques — disent, conformément aux faits que des éléments isomorphes *peuvent*, ou à la rigueur *doivent* s'accompagner dans les espèces naturelles ou artificielles, elles ne sauraient prétendre, ce qui serait démenti par trop de faits, que d'autres associations soient impossibles, et surtout qu'après des traitements chimiques prolongés et variés, faits en laboratoire, on ne puisse trouver, à l'état de quantités *spectroscopiquement* décelables, un élément tel que le celtium quadrivalent parmi des terres rares trivalentes.

Le mal-fondé d'une telle négation apparaît clairement, alors qu'il est notoire que les terres rares se trouvent très constamment dans les minéraux de zirconium. Il y a longtemps que le fait a été signalé dans le cas des zircons. Plus récemment MM. Goldschmitt et Thomassen (*Saertryk av Norsk Tidsskrift*, VII, 1) ont montré qu'il en était de même pour les alvites et les malacons.

Dans le but de rechercher dans quelle mesure les terres rares et le celtium pouvaient s'accompagner dans les minéraux à base de zirconium, nous avons étudié différents échantillons dont quelques-uns, zircons de Madagascar, zircons d'Espahy et malacon de Madagascar, nous ont été obligeamment remis par M. A. Lacroix; nous nous sommes procuré les autres, zircons

(¹) Séance du 7 janvier 1924.

des Indes, zircons du Brésil, malacon de Madagascar (2[e] échantillon) et badeleïte du Brésil, dans le commerce.

Dans toutes ces substances que le hasard a réuni dans notre laboratoire, nous avons pu constater la présence simultanée du celtium et des terres rares. De chacune d'elles, nous avons extrait aussi quantativement que possible, d'une part la zircone et d'autre part les terres rares dont nous avons déterminé la proportion.

La zircone a été purifiée par trois cristallisations successives de son oxychlorure $ZrOCl^2, 8H^2O$, ce qui était suffisant pour obtenir un sel très pur de ce type, mais tout à fait insuffisant pour modifier sensiblement la proportion de celtium qui s'y trouvait primitivement.

Les poids atomiques de ces zircones et ceux des terres rares ont été déterminés.

Les terres rares ont un poids atomique qui ne s'écarte guère de la valeur 94, ce qui prouve qu'elles sont composées principalement de terres yttriques. Dans toutes la présence de l'ytterbium s'est nettement révélée au spectroscope.

Les poids atomiques des zircones ont été déterminés par la transformation des sulfates anhydres du type $Zr(SO^4)^2$ en oxydes. Les nombres ont varié de 90,3 à 95,0. Ces variations permettent d'apprécier la proportion de celtium accompagnant le zirconium dans chaque cas particulier.

En comparant le poids atomique du mélange Zr-Ct avec la teneur en terres rares dans chacun des minéraux étudiés, on constate que l'un et l'autre varient, d'un minéral à l'autre, dans le même sens.

Ainsi non seulement, dans les divers minéraux de zirconium que nous avons pu examiner jusqu'ici, le celtium et les terres yttriques s'accompagnent, mais encore la proportion du celtium y est d'autant plus grande que celle des terres yttriques y est elle-même plus élevée.

	Poids atomiques du mélange Zr — Ct.	Teneurs en terres rares.	Poids atomique des terres rares.
Zircons d'Espahy	90,3	traces	
Zircons de Madagascar	90,6	traces	
Badeleïte du Brésil	90,6	0,02	95
Zircons des Indes	90,9	0,2	95
Zircons du Brésil	91,1	0,3	96
Malacon de Madagascar (origine commerciale)	94,5	3,95	93
Malacon de Madagascar (de la collection de M. Lacroix)	95,0	4	93

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la reproduction sexuelle chez le* Marchantia polymorpha *dans ses rapports avec la structure cellulaire.* Note de M. **P.-A. Dangeard.**

Dans cette Note, je me propose de résumer quelques observations sur la structure du *Marchantia polymorpha*; on rencontre dans tous les organes de cette plante les trois formations indépendantes que j'ai désignées sous le nom de vacuome, plastidome et sphérome.

Les éléments de ces trois formations, ainsi que je l'ai montré, affectent fréquemment dans la cellule des aspects semblables; ainsi les premiers rudiments du vacuome, sphériques ou filamenteux, ressemblent à des sphéroplastes ou à des mitoplastes et ceux-ci, à leur tour, offrent souvent l'apparence de sphérosomes ou de mitosomes; ces ressemblances ne sont pas limitées simplement à une apparence morphologique, elles s'étendent aussi parfois à l'ensemble des propriétés chromatiques.

On ne saurait donc être surpris que les chondriomistes aient englobé, à un moment donné, tous ces éléments sous le nom de mitochondries, de chondriocontes, de chondriomites ou plus simplement de chondriosomes; cette confusion ne doit plus exister maintenant lorsqu'il s'agit de la structure des plantes.

La cellule végétale, en effet, s'est prêtée mieux que la cellule animale à la distinction de plusieurs formations indépendantes qui ont leur évolution propre et leurs fonctions; ainsi l'indépendance de son vacuome n'est plus en question [1] et personne ne songera plus à désigner ses formes filamenteuses sous le nom de chondriocontes; on ne saurait malheureusement être aussi affirmatif quand il s'agit des éléments vacuolaires de la cellule animale, encore mal étudiés et mal définis.

L'existence du plastidome, en tant que formation distincte dans la cellule végétale, ne saurait davantage être discutée, surtout depuis la publication de ma Note sur les Sélaginelles, Note dans laquelle j'ai fourni la preuve que tous les plastes de cette plante vasculaire, de quelque nature qu'ils fussent, proviennent d'un plaste unique [2]. *Ces plastes sont donc sans parenté aucune avec les microsomes du sphérome.*

---

[1] Consulter Pierre Dangeard, *Recherches de Biologie cellulaire* (*Le Botaniste*, 15e série, juin 1923. *Thèse de Doctorat*, avec 14 planches).

[2] P.-A. Dangeard, *Plastidome, vacuome et sphérome dans* Selaginella Kraussiana (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 301).

On doit donc nécessairement séparer cette troisième formation de la seconde.

Les microsomes tels que je les ai définis, à différentes reprises, sont des sphérules chromatiques (sphérosomes) qui, soit avec le fixateur Regaud, soit avec le liquide de Laguesse, prennent dans la méthode d'Heidenhain une coloration noire foncée : la forme en bâtonnet (mitosomes) est un aspect de la bipartition, ou encore le résultat d'une déformation.

L'emploi du mot microsome, sous lequel j'avais désigné ces éléments, afin de ne pas créer un nom nouveau (¹), présente un inconvénient qui s'est révélé à l'usage : beaucoup d'histologistes ont continué à employer ce mot pour des granulations banales du cytoplasme et même du noyau : aussi pour faciliter aux chondriomistes une évolution qui me paraît inévitable, je propose de substituer au nom de microsomes qui est synonyme de « mitochondries inactives » et de chondriosomes *pro-parte*, celui de *cytosomes* : cette désignation ne prêtera plus à aucune confusion et la formation qui les renferme prendra naturellement le nom de *cytome*.

La terminologie des différents éléments du cytoplasme, confondus sous le nom de chondriome, se présentera alors de la façon suivante dans la cellule végétale :

1° Le *plastidome* est constitué par des *plastes* : ces *plastes*, d'après la forme sphérique, discoïde ou filamenteuse, sont des *sphéroplastes*, des *discoplastes*, des *mitoplastes*.

2° Le *cytome* est constitué par des *cytosomes* : ces *cytosomes*, d'après leur forme sphérique ou en bâtonnets plus ou moins allongés, sont des *sphérosomes* ou des *mitosomes*.

3° Le *vacuome* comprend des vacuoles ordinaires et des *vacuoles élémentaires* ou *métachromes* : ces *métachromes*, d'après leur forme, pourraient être également distingués en *sphérochromes* et *mitochromes*.

Enfin, il ne faut pas oublier que la solution colloïdale de métachromatine qui se trouve dans les vacuoles est susceptible, ainsi que je l'ai montré, de se précipiter sous l'action de divers fixateurs, en corpuscules métachromatiques, qui se colorent en noir par l'hématoxyline ferrique, tout comme les plastes ou les cytosomes; on pourrait réserver à ces corpuscules le nom d'*endochromidies* : la détermination de leur origine et de leur nature a constitué un sérieux progrès en histologie générale. Dans ces *endochromidies*, la chromatine est parfois mélangée à d'autres substances qui modifient sa sen-

(¹) P.-A. Dangeard, *Sur la distinction du chondriome des auteurs en vacuome, plastidome et sphérome* (*Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 1005).

sibilité à l'égard de l'hématoxyline; la couleur est alors plus ou moins jaunâtre.

Dans l'application de cette terminologie à la structure du *Marchantia polymorpha*, j'envisagerai surtout la constitution des organes reproducteurs, archégone d'une part, anthéridie de l'autre.

Dans le jeune archégone, l'oosphère, encore surmontée des cellules du canal, possède en son centre un très gros noyau avec masse chromatique centrale; tout autour, le cytoplasme est dense avec quelques vacuoles très petites; le plastidome est représenté par des mitoplastes plus ou moins longs et flexueux entre lesquels on distingue de nombreux cytosomes sphériques.

Plus tard, alors que les cellules du col sont entrées en dégénérescence et que le moment de la fécondation approche, on constate que le volume de l'oosphère a augmenté beaucoup : à l'intérieur du noyau qui est resté central, l'amas chromatique s'est désagrégé et dispersé en nombreuses stries chromatiques disposées irrégulièrement dans la masse incolore du nucléoplasme.

La zone annulaire cytoplasmique de l'oosphère qui entoure le noyau est très chromatique et très dense, et il faut des coupes extrêmement minces et des colorations très réussies pour reconnaître les éléments qui y sont contenus.

Le vacuome de l'oosphère est représenté par des vacuoles élémentaires ou métachromes très petites au nombre de 200 environ : parfois, elles sont plus grosses et moins nombreuses; elles renferment en certains cas des corpuscules métachromatiques ou *endochromidies*.

Le plastidome, à ce moment, est formé de sphéroplastes plus ou moins chromatiques au nombre de 150 à 200 environ; sur trois sections de la même oosphère, j'ai pu compter sur chacune d'elles de 30 à 40 plastes.

Le cytome est constitué par de nombreux cytosomes sphériques et très chromatiques, dont le diamètre est le $\frac{1}{3}$ environ de celui des plastes.

Il est donc absolument hors de doute qu'au moment de la fécondation, l'oosphère du *Marchantia* contient, outre le noyau femelle, les trois formations auxquelles j'ai donné le nom de *vacuome*, *plastidome* et *cytome* : *ces trois formations se transmettent donc à chaque génération, sans aucune discontinuité*.

S'il était établi que les éléments de ces trois formations existent aussi dans l'anthérozoïde qui vient féconder l'oosphère, il deviendrait possible d'envisager leur rôle dans les phénomènes d'hérédité; malheureusement,

je ne puis jusqu'ici qu'apporter un complément d'information à cette question.

Dans la jeune anthéridie, les noyaux qui proviennent d'un seul noyau primitif sont assez volumineux : ils se divisent tout d'abord, sans qu'il y ait formation de cloisons; à ce stade, il n'est pas toujours facile de faire une distinction nette, parmi les nombreux éléments chromatiques de forme sphérique ou allongée qui existent dans le cytoplasme; heureusement, dans certaines préparations, les plastes sont seuls colorés et l'on constate alors que leur diamètre est sensiblement plus gros que celui des cytosomes qui varie peu; alors que le nombre des noyaux de l'anthéridie ne dépasse pas encore une dizaine, celui des plastes est déjà de 200 environ.

Plus tard, l'anthéridie s'entoure d'une assise de cellules qui forment la paroi; dans ces cellules, on voit très facilement un certain nombre de plastes amylifères, accompagnés de cytosomes sphériques tout à fait caractéristiques; à l'intérieur de l'anthéridie, les noyaux s'espacent régulièrement alors que les cellules se trouvent délimitées par des sortes de fibrilles et non par de véritables cloisons.

A partir de ce stade, il est encore possible de suivre la multiplication des plastes qui accompagne la division cellulaire ; il en est de même des vacuoles : chaque cellule renferme huit ou dix plastes qu'on retrouve jusque dans les androcytes ; ils sont fréquemment disposés autour du noyau et au contact de la membrane nucléaire : c'est surtout dans la cellule mère des androcytes qu'il est facile de voir cinq ou six petites vacuoles ; dans les androcytes eux-mêmes, il n'existe parfois qu'une vacuole.

La cellule qui va se transformer directement en anthérozoïde ou androcyte, au sens d'Allen, renferme donc incontestablement des plastes et des vacuoles ; ce sont les plastes qui fournissent la réaction amylacée vue par certains auteurs : j'aurais souhaité pouvoir mettre aussi en évidence dans cette cellule la présence de cytosomes, mais si l'existence de ceux-ci me paraît extrêmement probable, je ne suis pas en mesure de l'affirmer catégoriquement : tout ce que je puis dire, c'est que j'ai rencontré dans l'anthéridie des cellules qui, dans leur cytoplasme, montraient une vingtaine d'éléments chromatiques sphériques ou en courts bâtonnets que l'on pouvait identifier à des cytosomes.

Les transformations que subit l'androcyte sont si grandes qu'il est impossible de dire actuellement ce que deviennent les plastes et les métachromes ; ce que je puis affirmer, et la chose n'est pas sans intérêt, c'est que

le « percnosome » d'Allen n'est autre chose qu'une *endochromidie* provenant de la précipitation de la solution colloïdale d'une vacuole (¹).

En résumé, la cellule qui se transforme en gamète mâle renferme certainement un plastidome et un vacuome, très probablement aussi un cytome; mais on ignore sous quelle forme ces formations se présentent dans l'anthérozoïde mûr, en admettant qu'elles conservent leur indépendance.

On se trouve donc en présence de deux hypothèses : 1° L'œuf après sa fécondation ne transmet à la nouvelle plante que des vacuoles, des plastes et des cytosomes d'origine femelle ; 2° L'œuf reçoit aussi, mais en nombre réduit, des vacuoles, des plastes et des cytosomes d'origine mâle : cette seconde hypothèse me paraît actuellement la plus vraisemblable.

ENTOMOLOGIE. — *Contribution à l'étude du cycle évolutif du Puceron Lanigère* (Eriosoma lanigerum *Hausmann*). Note de M. Paul Marchal.

Depuis les travaux de Ed. Patch et de A.-C. Baker, il est bien établi qu'en Amérique, son pays d'origine, le Puceron lanigère du Pommier émigre à l'automne sur l'*Ulmus americana*, que les ailés qui ont ainsi émigré produisent sur les écorces de cet Orme la génération sexuée et que l'œuf fécondé, issu de cette dernière, donne après l'hiver une fondatrice qui, associée à sa descendance, produit une déformation en rosette des bourgeons (²).

J'ai eu l'occasion d'examiner des bourgeons et des pousses d'*Ulmus americana* attaqués par cette fondatrice et sa descendance. Les échantillons recueillis à Vienna (Virginie) au printemps de 1923 et mis aussitôt après leur récolte dans l'alcool, m'ont été envoyés de Washington. Ce matériel, prélevé et conservé dans d'excellentes conditions, que je dois à la grande obligeance de MM. L.-O. Howard et P.-W. Mason, m'a permis de préciser quelques points intéressants de la biologie du Puceron lanigère.

Les bourgeons correspondant aux stades les plus jeunes avaient été récoltés le 11 avril. Bien que gonflés, ils étaient, pour la plupart, complètement fermés, les feuilles ne pointant pas encore en dehors de l'enveloppe écailleuse. Les fondatrices s'étaient détachées; mais au point où elles

(¹) D'après une observation inédite de Pierre Dangeard, l'anthérozoïde en mouvement des Polytrics renferme dans son cytoplasme une vacuole qui se colore vitalement et contient une endochromidie agitée d'un mouvement brownien.

(²) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 211.

s'étaient antérieurement fixées, se trouvaient une et souvent deux mues solidement suspendues par leurs rostres, dont la pointe était encore engagée dans les tissus de la plante (*fig.* 1).

Ces deux mues, toujours placées l'une contre l'autre, correspondaient au premier et au deuxième stade de la fondatrice. Leur point de fixation était constamment le même : sur la ligne d'insertion du bourgeon, entre la base

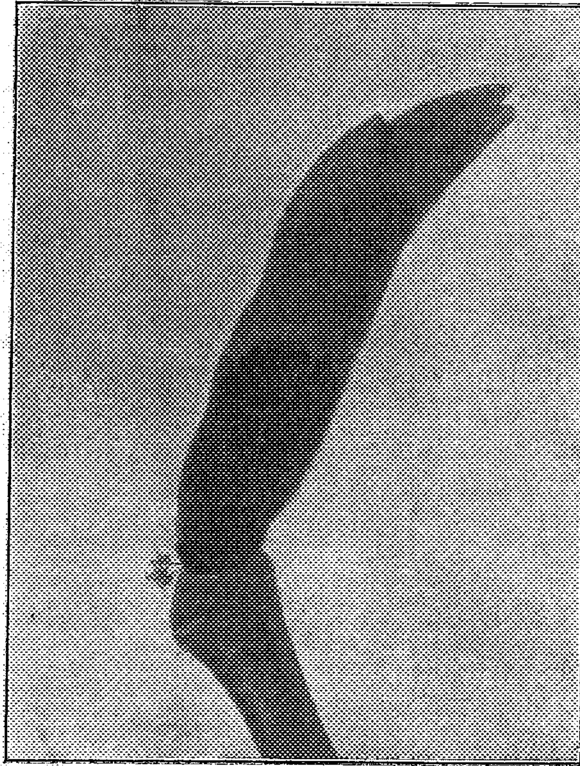


Fig. 1. (Gr. = 6.)

de ce dernier et la cicatrice laissée sur le rameau par la chute de la feuille de l'année précédente. Sur quelques bourgeons de ce premier lot se trouvaient trois mues au lieu de deux, fixées exactement au même endroit et de la même façon. Elles correspondaient alors au premier, au deuxième et au troisième stade de la fondatrice et, en ce cas, le bourgeon était à une phase de développement un peu plus avancée, laissant émerger le sommet d'une feuille crispée en dehors des écailles.

Dans un second lot correspondant à une récolte faite le 25 avril, les

bourgeons avaient été pris en voie d'épanouissement. Tous étaient déformés de la même façon (*fig*. 2) : l'ensemble de l'axe et des jeunes feuilles qui les constituaient était fortement recourbé en crossette et la concavité de cette dernière correspondait au côté où la fondatrice s'était fixée dès le début, c'est-à-dire au côté que marque la cicatrice laissée par la feuille de l'année



Fig. 2. (Gr. = 6.)

précédente. En ce cas, la fondatrice était généralement passée au quatrième stade et avait quitté son emplacement primitif pour se loger entre les feuilles du bourgeon déformé en crossette, son rostre étant enfoncé à la base d'une feuille. La place primitive qui avait été occupée par la fondatrice était toujours marquée par les mues qu'elle y avait abandonnées (3, si ces mues s'y trouvaient au complet). Sur certains échantillons du même lot (*fig*. 2), la fondatrice était encore au troisième stade ; mais elle avait alors conservé

sa situation première au niveau de la ligne d'insertion du bourgeon, tout à côté de ses deux premières mues, et le bourgeon, bien que fortement déformé en crossette, était moins épanoui et moins développé que dans le cas précédent.

Les observations qui précèdent, précisent et complètent celles de A.-C. Baker et de Geo.-G. Becker qui avaient constaté le stationnement précoce de la fondatrice à la base des bourgeons non encore ouverts.

Il en résulte que, au premier stade, au deuxième et au troisième, la fondatrice se nourrit et s'accroît en restant fixée au même point extérieur, à la base du bourgeon (ligne d'insertion), ce bourgeon étant même entièrement clos pendant toute la durée du premier et du deuxième stade et ne commençant à s'ouvrir que pendant la durée du troisième stade. Il se déforme alors en crossette sous l'influence de la piqûre de l'Insecte, par suite d'une croissance moindre du côté où ce dernier est fixé. Il est remarquable que cette déformation est déjà très nettement caractérisée, alors que la fondatrice occupe une situation extérieure et a son rostre enfoncé au niveau de la ligne limite entre le bourgeon et le rameau sur lequel il s'insère.

Le bourgeon se développe en une véritable galle en crosse produite par la piqûre de la fondatrice à ce niveau. Plus tard se superposent les déformations résultant du recroquevillement et de la frisure des feuilles insérées sur un axe à entre-nœuds épaissis et raccourcis (rosette); elles sont dues partiellement à la fondatrice, à partir du moment où elle a quitté sa position première (quatrième et cinquième stades, peut-être dans certains cas troisième stade) et partiellement aux jeunes Pucerons descendant de cette fondatrice.

Le fait que la fondatrice du Puceron lanigère qui éclôt d'une façon très précoce par rapport à l'état de la végétation des Ormes poursuit les premières phases de son développement à la base d'un bourgeon d'Orme encore complètement clos porte à penser que, si cette éclosion est retardée jusqu'à l'époque où les bourgeons gonflés de sève sont en train de débourrer, l'évolution de l'Insecte devient impossible. Ainsi s'expliquerait ce fait, constaté dans l'Arkansas par Becker, que les Ormes sont en général plus susceptibles d'être attaqués par le Puceron lanigère, lorsque, pour une raison ou pour une autre, le départ de leur végétation se trouve en retard au printemps et l'on peut alors se demander si, en Europe, l'inaptitude que semblent présenter les fondatrices du Puceron lanigère à contaminer non seulement nos Ormes indigènes, mais encore l'Orme américain, ne tiendrait pas à un

défaut de concordance entre l'époque d'apparition des fondatrices et le stade de végétation nécessaire à leur fixation et à leur développement (¹). Il ne s'agirait plus alors d'une race biologique européenne véritablement inapte au régime ulmivore, suivant l'hypothèse que j'avais antérieurement émise, mais d'une lignée qui avorte parce qu'elle ne rencontre pas les conditions de milieu nécessaires à son évolution (²).

Les résultats tous négatifs des nombreuses expériences que j'ai faites dans les conditions fort diverses pour contaminer au printemps des Ormes (*U. americana* et *U. campestris*) avec des fondatrices issues de notre race indigène et dont j'ai antérieurement rendu compte (³), me portent à penser que la première interprétation est mieux fondée que la seconde. Et cette manière de voir est corroborée par ce fait que, malgré la grande variété des climats et des conditions météorologiques annuelles se rencontrant en Europe, les rosettes du Puceron lanigère n'y ont jamais encore été observées. Néanmoins une grande réserve s'impose encore au sujet de l'interprétation causale des différences constatées entre le cycle évolutif du Puceron lanigère dans son pays d'origine et le cycle du même Insecte en Europe.

Pour résoudre la question, je me propose de la reprendre en tenant compte des nouvelles données, c'est-à-dire en faisant porter les expériences sur des fondatrices précocement écloses d'œufs soumis à une hivernation artificielle régulière et mises en rapport avec des Ormes à végétation suffisamment tardive.

(¹) Cette nécessité pour la fondatrice d'avoir à sa disposition des bourgeons encore complètement clos rendrait en tout cas facilement compte de l'échec de mes expériences faites dans les premiers jours d'avril 1922, lorsque, opérant avec quelques fondatrices de race américaine, je ne pus obtenir leur fixation sur des jeunes Ormes américains dont les bourgeons étaient déjà assez avancés dans leur développement. La rigueur et la constance du froid pendant l'hivernage peuvent aussi constituer des conditions favorables manquant en Europe ou ne s'y trouvant pas au même degré qu'en Amérique.

(²) Rien n'empêcherait alors que dans telle ou telle localité, ou dans telle ou telle année présentant exceptionnellement les conditions favorables nécessaires, on voie apparaître en Europe sur l'Orme américain les rosettes caractéristiques du Puceron lanigère.

(³) *Ann. des Épiphyties*, t. 5, 1918, p. 254, et *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 211.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Nouvelle vérification de la loi de perception des lumières brèves à la limite de leur portée; cas des durées très courtes.* Note de MM. **André Blondel** et **Jean Rey.**

La loi que nous avons établie il y a quelques années [1] pour déterminer la portée limite des lumières brèves (sources ponctuelles) et que nous avons écrite sous la forme $Et = E_0 t + K$, en appelant E l'éclairement de la pupille et la durée, E_0 et Kt deux constantes, se représente graphiquement par une ligne droite quand on porte en abscisses les durées t et en ordonnées les quantités d'éclairement Et. Cette loi, établie d'abord par comparaison des éclats brefs avec une lumière ponctuelle constante, a été ensuite vérifiée en comparant entre eux une série de signaux brefs équidistants contenant tous la même quantité de lumière Et, mais émise pendant des intervalles de temps différents [2].

Nous avons donc été un peu surpris quand M. Henri Piéron, dans une Note à l'Académie des Sciences, quelques années plus tard [3], a présenté le résultat d'expériences tendant à établir que pour des durées inférieures à 0,1 seconde, entrerait en jeu une certaine « inertie de la rétine » qui ferait augmenter de nouveau et dans une proportion très importante la valeur de Et au fur et à mesure, et d'autant plus que la durée des éclats se rapproche davantage de 0. La courbe publiée par M. Piéron, qui se rapproche bien d'une ligne droite entre 0,1 seconde et 2 secondes comme la nôtre, présente entre 0,1 et 0 seconde la forme d'une parabole à axe vertical,

---

(1) Cf. A. Blondel et J. Rey, *Sur la perception des lumières brèves à la limite de leur portée* (*Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 54), et un Mémoire plus détaillé (*Journal de Physique*, juillet-août 1911).

(2) A. Blondel et J. Rey, *Comparaison, au point de vue de la portée des signaux lumineux brefs produits, au moyen d'un appareil rotatif par des sources de lumière donnant des durées d'impression différentes. Condition d'efficace maxima du flux lumineux utilisé* (*Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 861).

Nous devons rappeler que, dans nos expériences, nous avons fait appel à un grand nombre d'expérimentateurs : 15 dans les expériences exécutées aux Établissements Sautter-Harlé; 6 dans les expériences exécutées au laboratoire de M. Blondel, et que chaque expérimentateur a fait plusieurs séries d'essais dont on n'a conservé que les dernières obtenues après un entraînement du sujet à ce genre d'expériences.

(3) H. Piéron, *De la variation de l'énergie liminaire en fonction de la durée d'excitation pour la vision fovéale* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 525).

dont tous les points observés se groupent d'une façon remarquable sur une courbe continue. Ce n'est pas du tout ainsi que les choses se présentent dans nos propres expériences; malgré les précautions très grandes que nous prenons pour éliminer les effets de la mobilité de l'œil (par fixation d'un petit point blanc formé par un test blanc placé au-dessous du trou du diaphragme éclairé par les éclats brefs) de la variation de diamètre de la pupille (par l'emploi d'une pupille artificielle de 3^{mm} de diamètre environ) et de la fatigue par des périodes de repos avant chaque essai et de l'adaptation à l'éclairage ambiant (par l'emploi d'un éclairage ambiant constant et très faible), nous n'avons jamais pu obtenir que les points très nombreux relevés par un même observateur se groupent en courbe continue.

M. Piéron n'a donc pas exécuté un nombre de relevés suffisant pour pouvoir établir une loi nouvelle; la nôtre résulte des essais de plus de 20 observateurs.

Nos expériences antérieures nous ont d'ailleurs donné à penser qu'il y a dans les expériences de M. Piéron une erreur systématique provenant du procédé expérimental employé; d'une part, la largeur des fentes est sans doute peu différente de la largeur du diamètre du faisceau à couper, et il doit en résulter que, pendant une fraction plus ou moins importante de l'ouverture présumée du trou à éclairer, la lumière est reçue avec une intensité inférieure à celle qu'on lui attribue. Nous sommes frappés, en effet, du fait que M. Piéron a employé comme source de lumière une plage circulaire de 2^{mm} de diamètre placée à 530^{mm} seulement de l'œil, ce qui donne un diamètre apparent de 13′ d'angle considérable par rapport au diamètre apparent inférieur à 1′ que nous donnaient nos très petits trous.

Une autre cause d'erreur, c'est que l'appareil de Michotte employé par M. Piéron permet seulement de comparer un éclat bref à un autre éclat bref servant d'étalon et exige par conséquent autant de réglages successifs qu'on veut étudier de durées d'éclats différentes; pendant ces réglages, l'état d'accommodation de fatigue de l'œil peut être très variable [1].

La méthode que nous avons employée en second lieu met au contraire complètement à l'abri de cette cause d'erreur en faisant défiler devant l'œil successivement des éclats de longueurs variées correspondant à un

---

(1) Dans l'appareil de Michotte, si le rayon moyen au droit de la fenêtre est de 0,40, on ne peut réaliser un éclat de durée théorique de $\frac{1}{1000}$ de seconde qu'avec une fenêtre étroite de $2^{mm},5$ environ et, d'autre part, l'intervalle entre les éclats ne sera que d'environ une seconde, vitesse à peine suffisante pour permettre de bien les distinguer les uns des autres.

même flux. Pour adapter cette méthode à des durées très courtes, il nous a fallu remplacer le tambour unique par deux disques, tournant à grande vitesse, dont l'un porte plusieurs fenêtres de dimensions variables, et dont l'autre porte une seule fenêtre, amenée par ce mouvement différentiel successivement en coïncidence avec chacune de celles du disque principal.

Pour la réalisation du principe qu'on vient d'exposer, il a suffi de modifier l'appareil de M. Blondel décrit dans notre seconde étude en remplaçant le tambour tournant par les deux disques à fentes coaxiaux et en modifiant convenablement le procédé de concentration de la lumière, pour pouvoir régler l'éclairement par la hauteur des fentes. A cet effet, la source de lumière, formée encore par une lampe à incandescence à filament droit vertical, est placée au foyer conjugué du trou du diaphragme par rapport à un condenseur formé de deux lentilles cylindriques plan-convexes; les faisceaux incidents traversent les deux disques dans des fenêtres limitées par des rayons. Les fenêtres ayant une hauteur radiale constante, la quantité de lumière qui les traverse dans le plan passant par l'axe du filament et par le trou du diaphragme est proportionnelle à la hauteur radiale de chaque fenêtre; il en est de même de l'éclairement E du trou. D'autre part, la durée est proportionnelle à l'angle sous-tendu par la fenêtre.

L'observateur voit l'écran diffuseur seulement à travers un petit trou de $\frac{1}{10}$ à $\frac{5}{10}$ de millimètre, ménagé dans un diaphragme appliqué contre la partie extérieure de l'écran; il peut régler l'éclairement du trou, de façon à l'amener à la limite de perception, en déplaçant, au moyen d'une longue tige, le pignon d'une crémaillère qui entraîne dans son mouvement horizontal un coin en verre absorbant placé devant le trou lumineux. Il regarde ce dernier à travers une pupille artificielle de 3^{mm} placée à $1^{m},50$ du trou.

Entre le disque principal et le condenseur tourne le second disque à une seule fenêtre. Le mouvement des deux disques est produit par un petit moteur électrique calé directement sur l'axe du second disque; cet axe attaque par une roue de 96 dents une autre roue de 100 dents calée sur un axe auxiliaire qui porte en même temps une roue de 98 dents engrenée avec une roue identique solidaire du premier disque. Celui-ci est percé de cinq fenêtres situées à 72° les unes des autres et qui ont les dimensions suivantes :

Hauteur mesurée sur le rayon (en mm).....	50	36,4	25,8	18,6	12,9
Largeur mesurée sur la circonférence (mm)..	16	22	31	43	62

Le produit hauteur par largeur étant le même pour les cinq fenêtres, le

produit E*t* (éclairement par temps) sera le même pour les cinq éclats, quelle que soit la fenêtre employée.

Il résulte du rapport des vitesses, 25 à 24, entre les deux disques que, tous les cinq tours, la fenêtre du second disque se trouve sur le passage des rayons lumineux en coïncidence avec une fenêtre différente du premier disque.

La vitesse de rotation du système étant d'environ 900 tours par minute, l'écran reçoit de la lumière de tiers en tiers de seconde. Pour éviter le chevauchement des éclats, l'axe qui porte deux roues de 100 et 98 dents, entraîne par un pignon de 24 dents une roue de 96 dents solidaire d'un pignon de 20 dents; celui-ci commande une roue de 100 dents clavetée sur le même axe qu'un secteur en cuivre de 72° de développement. Ce secteur vient périodiquement, tous les 100 tours, porter sur un contact électrique, fermant le contact d'un relais qui déplace une palette placée devant le trou. Grâce à cela, l'œil ne perçoit plus qu'un éclat tous les $\frac{4}{3}$ de seconde. Le dernier axe porte, en outre, un pignon de 20 dents solidaire d'une roue de 100 dents liée à un secteur de 72° qui peut, lui aussi, venir en contact avec un frotteur et fermer le courant d'un *timbre* qui avertit du passage d'une fenêtre déterminée ([1]).

La vitesse de rotation de l'appareil pourrait être poussée sans difficulté jusqu'à 2000 tours grâce à un équilibre soigné des disques et par l'emploi d'un moteur plus rapide; dans ce cas le secteur du contact du relais serait modifié de manière à espacer davantage les contacts périodiques. L'appareil permet d'étudier des signaux très brefs de l'ordre du $\frac{1}{1000}$ de seconde avec des fentes relativement larges et en réalisant l'espacement qu'on veut entre les signaux; il réalise à ce point de vue un important perfectionnement par rapport à tous les dispositifs antérieurs et peut se prêter à de nombreuses applications.

Pour les vérifications que nous avions à faire, nous l'avons utilisé dans les conditions les plus simples, à la vitesse de 900 tours, en laissant défiler successivement les 5 éclats dans l'ordre de durée croissante ou décroissante régulièrement, et en prévenant l'observateur du commencement de chaque

([1]) L'appareil porte, en outre, un certain nombre d'organes qui n'ont pas été utilisés dans les expériences actuelles, mais qui permettent d'examiner aussi longtemps qu'on le désire les éclats produits par une même fenêtre, et de donner à ces éclats des espacements correspondant à 1, 2, 3, 4 ou 5 fois 25 tours du moteur. La manœuvre des commutateurs appropriés permet à tout moment, sans arrêter l'appareil, de changer la fenêtre qui produit les éclats observés et de modifier leur périodicité.

série par un coup de timbre. L'observateur se contente de compter le nombre d'éclats qu'il perçoit et il règle le coin absorbant jusqu'à la limite de perception des éclats.

Dans ces conditions, nous avons constaté que les éclats ne sont pas toujours tous perçus, et que, par suite de fatigue ou d'inattention, quelques-uns manquent quelquefois dans la série des 5; mais, *ce qui est le résultat capital*, on ne peut établir aucune loi systématique relative aux éclats qui manquent; ils sont distribués d'une manière très irrégulière et quelconque dans la série; il ne s'agit donc là que d'erreurs *accidentelles*, réparties à peu près uniformément sur les différentes fentes; celles-ci sont pratiquement toutes équivalentes au point de vue de l'utilisation de leurs éclats *à la limite* de la portée.

La loi que nous avons établie se trouve donc ainsi vérifiée une fois de plus, et pour des éclats encore plus brefs que ceux que nous avions pu obtenir antérieurement avec cet appareil.

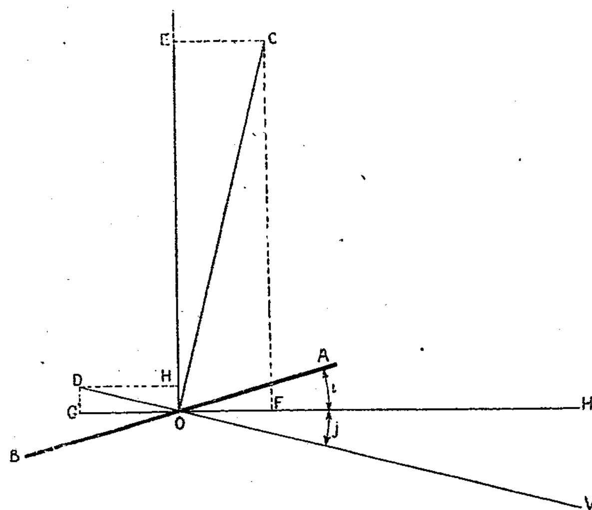
On ne voit donc en rien intervenir une nouvelle inertie de la rétine invoquée par M. Piéron pour motiver une augmentation du produit Et dans le cas des très faibles durées. D'ailleurs, on ne voit pas comment cet effet viendrait s'ajouter à *l'effet d'inertie dont tient déjà compte notre formule* par la constante K qui y figure. En effet, pour les courtes durées, ladite formule se réduit sensiblement à $Et = \text{const.}\ K$ (comme l'ancienne formule de Bloch), ce qui montre que la constante K est déjà une expression de l'inertie physiologique jouant le même rôle que joue l'inertie de la masse dans les formules d'impulsion analogues obtenues en mécanique.

AVIATION. — *Sur le vol à voile contre le vent.*
Note de M. **A. Rateau.**

Le vol à voile n'est possible que dans le vent continuellement ou momentanément ascendant d'intensité suffisante; on sait que les oiseaux planeurs volent aisément contre le vent. Les expériences faites au Laboratoire ont montré qu'effectivement des modèles d'ailes placés dans un courant d'air oscillant symétriquement autour de l'horizontale subissent, non pas une résistance à l'avancement, mais, au contraire, une force horizontale dirigée à l'encontre du vent, à condition que l'oscillation soit d'amplitude suffisante. Ce résultat est appelé maintenant « effet Katzmayr », du nom de l'expérimentateur qui, le premier, a su le mettre en évidence. Dans cette

Note, je me propose de montrer qu'il peut être immédiatement déduit de ce que nous connaissons déjà des « caractéristiques » des ailes en courant régulier fixe; la formule obtenue nous donnera les lois principales de l'effet Katzmayr.

Soit AB la corde principale d'une aile exposée au vent VO, de vitesse v inclinée de l'angle j sur l'horizontale OH.



i est l'angle d'incidence AOH de l'aile par rapport à l'horizontale autour de laquelle le vent est supposé osciller symétriquement, suivant une fonction connue du temps, entre les directions extrêmes $+\delta$ vers le haut et $-\delta$ vers le bas.

Si le vent était toujours horizontal ($j=0$), la force de portance F, dirigée suivant la verticale Oz, serait

$$F = c_z \frac{a}{2g} SV^2,$$

et la résistance R à l'avancement, dirigée dans le sens du vent,

$$R = c_x \frac{a}{2g} SV^2,$$

S étant la surface de l'aile, a le poids spécifique de l'air, c_z et c_x les coefficients de portance et de résistance, uniquement fonctions de l'incidence i.

Or, la courbe de c_z en fonction de i est presque rigoureusement rectiligne jusqu'à des incidences voisines de 12°, même de 15°. Nous pouvons donc

poser

$$c_z = a_0 + a_1 i, \tag{1}$$

a_0 et a_1 étant deux coefficients caractéristiques de l'aile. On sait, de plus, que, pour toutes les formes utilisées, les droites (c_z, i) sont sensiblement parallèles, en sorte que le coefficient a_1 varie peu de l'une à l'autre, 5 pour 100 au maximum en plus ou en moins de la valeur moyenne qui est, avec les unités accoutumées (mètre, kg-force, seconde),

$$a_1 = 4,2, \tag{2}$$

l'incidence i étant évaluée en radians.

D'autre part, dans le même champ d'application, la courbe du coefficient c_x de résistance en fonction de l'incidence s'éloigne peu d'une parabole; nous poserons donc

$$c_x = b_0 + b_1 i + b_2 i^2, \tag{3}$$

b_0, b_1 et b_2 étant trois autres coefficients caractéristiques de l'aile. D'après les résultats obtenus avec de bonnes ailes, le coefficient b_2, avec les mêmes unités, est voisin de 1,2, mais relativement beaucoup plus variable d'une aile à l'autre que a_1; il s'abaisse à 1 dans les cas les plus favorables d'ailes épaisses.

Quant au minimum c_{xm} de c_x, il est ordinairement voisin de 0,015; il peut exceptionnellement tomber à 0,01, même à 0,008.

Ces bases étant précisées, soient :

VO, la direction instantanée du vent oscillant de vitesse constante v;

OC, la force de portance F_j, perpendiculaire à OV, due à ce vent;

OD, la force de résistance R_j, dans le sens de VO.

Il nous faut chercher la portance moyenne verticale et la résistance moyenne horizontale sur l'aile pendant un cycle complet de l'oscillation du vent.

L'action verticale instantanée est OE + OH, soit

$$F_j \cos j - R_j \sin j.$$

Mais $\cos j$ est voisin de l'unité, en supposant que j ne dépasse pas 15°, et $OH = R_j \sin j$ est négligeable; d'ailleurs la différence entre OE et OC est en partie compensée par OH; nous pouvons donc admettre, sans erreur sensible, que la portance verticale instantanée est égale à OC.

Dès lors, avec la variation symétrique du vent pendant un cycle, puisque

c_z est linéaire en i (si l'on n'atteint pas des incidences trop fortes ou trop faibles) les termes de l'intégrale, que l'on doit faire pour avoir la moyenne, où j est positif, sont exactement annulés par ceux où j est négatif, et, par suite, le coefficient c_z^{J} de portance moyenne en vent oscillant est égal précisément à c_z

$$c_z^{\text{J}} = c_z. \tag{4}$$

Passons à la résistance horizontale, égale à OG — OF; on voit de suite que, pour un angle j suffisant, comme OC est de l'ordre de vingt fois OD, OF pourra surpasser OG et la résistance sera *négative*.

Pendant un cycle, le coefficient c_x^{J} de résistance moyenne s'obtiendra en faisant la moyenne de

$$c_x^j \cos j - c_z^j \sin j.$$

Dans cette expression, remplaçons c_x^j et c_z^j par leurs valeurs respectives (1) et (3), où l'on substitue $i+j$ à i, et $\cos j$ et $\sin j$ par leurs développements en série; négligeons les termes en $\frac{j^4}{24}$ qui, pour j inférieur à 15°, sont de l'ordre du dix-millième; laissons de côté les termes de degré impair qui, dans l'intégrale symétrique, devront nécessairement donner une somme nulle; il reste finalement

$$c_x^{\text{J}} = c_x - \left(a_1 + \frac{c_x}{2} - b_2\right) \quad (\text{moyenne de } j^2). \tag{5}$$

Pour faire la moyenne de j^2, il faut connaître la manière dont j varie avec le temps. Si la variation est linéaire, cette moyenne est $\frac{\text{J}^2}{3}$, J désignant l'angle maximum de l'oscillation au-dessous et au-dessus de l'horizontale; si la variation est sinusoïdale, la moyenne devient $\frac{\text{J}^2}{2}$.

Nous avons ainsi

$$c_x^{\text{J}} = c_x\left(1 - \frac{k\text{J}^2}{2}\right) - k(a_1 - b_2)\text{J}^2, \tag{6}$$

k étant un coefficient dépendant de la forme de la fonction (j, t), égal à $\frac{1}{3}$ ou à $\frac{1}{2}$, par exemple, suivant qu'elle est linéaire ou sinusoïdale.

Mais $\frac{k}{2}\text{J}^2$, pour J non supérieur à 15°, est inférieur à $\frac{1}{64}$, c'est-à-dire à peu près négligeable à côté de l'unité; il reste donc, sans erreur notable,

$$c_x^{\text{J}} = c_x - k(a_1 - b_2)\text{J}^2. \tag{7}$$

Cette formule très simple montre clairement l'influence de l'oscillation du vent. Rapprochée de (4), elle prouve ($a - b_2$ étant toujours positif en pratique) que, tant qu'on reste dans le champ des incidences pour lesquelles les caractéristiques sont rectiligne, pour la portance, et parabolique, pour la résistance :

1° La polaire de l'aile en vent oscillant est simplement la polaire en vent fixe déplacée vers l'axe des portances;

2° Le déplacement est proportionnel au carré de l'amplitude de l'oscillation;

3° Il ne dépend pas de la fréquence des oscillations.

Pour que l'oiseau, en vol plané, ait la possibilité de remonter le vent, il faut que c'_x puisse être *négatif*, et qu'aussi, aux incidences où cela a lieu, la vitesse du vent suffise à le sustenter.

Si c_{xm} est le minimum de c_x, il faut que

$$k(a_1 - b_2) > J^2 c_{xm},$$

d'où

$$J^2 > \frac{c_{xm}}{k(a_1 - b_2)}.$$

Cette relation pourra être satisfaite d'autant plus facilement que c_{xm} et b_2 seront plus petits.

Exemple : Supposons $k = \frac{1}{2}$, $a_1 = 4,2$, comme il a été indiqué ci-dessus, $b_2 = 1,2$, d'où $k(a_1 - b_2) = \frac{3}{2}$, et d'autre part $c_{xm} = 0,015$.

La polaire en vent oscillant deviendra tangente à l'axe des portances si $J = 0,1$, soit, en degrés, 5°,7. Avec des oscillations plus fortes, la polaire passe en partie de l'autre côté de l'axe.

Remarques. — 1° Le coefficient a_0 n'entre aucunement dans le terme qui correspond à l'effet Katzmayr. Celui-ci se produit donc aussi bien avec les ailes symétriques qu'avec les autres. Il est simplement dû à ce fait que, dans la phase où le vent est ascendant, la portance étant grande par rapport à la résistance (de l'ordre de 20 fois), sa composante horizontale, dirigée à l'encontre du vent, la surpasse de beaucoup en grandeur dès que le vent prend une inclinaison ascendante de quelques degrés, tandis que, dans la phase opposée, les incidences étant faibles, il en va de même de la portance dont la composante horizontale, dans le sens du vent, ne peut dès lors contre-balancer l'action favorable produite pendant la première phase.

2° Les aviateurs n'ont pas pu, jusqu'à présent, s'apercevoir de l'effet

Katzmayr parce que la vitesse des aéroplanes est grande par rapport à celle du vent et que, par suite, les variations de son inclinaison relative restent dans d'étroites limites. Le déplacement de la polaire, proportionnel à J^2, ne peut être sensible dans ce cas, et, d'ailleurs, le serait-il, que l'aviateur, volant dans un vent fort, aurait bien de la peine à s'en apercevoir.

M. DE SPARRE fait hommage à l'Académie d'un Mémoire *Sur le calcul des grandes trajectoires des projectiles.*

Pour le calcul des grandes trajectoires, qu'il s'agisse du mouvement du centre de gravité ou de celui du projectile autour de ce point la question la plus importante est celle de la variation de la densité de l'air avec l'altitude, pour laquelle je me suis servi des formules données par M. Rateau dans sa Communication du 22 juin 1922.

En effet si l'on considère d'abord le mouvement du centre de gravité l'influence de la resistance de l'air varie beaucoup plus par suite de la variation de sa densité que par suite de la variation de la vitesse. De plus les calculs se trouvent notablement simplifiés par suite des circonstances suivantes, D'une part, la résistance de l'air est presque négligeable, devant la pesanteur, dans toute la partie supérieure de la trajectoire qui en est la partie la plus étendue; d'autre part pour les premiers arcs, où la vitesse est très grande, la courbure de la trajectoire est très faible; enfin pour le dernier arc, la vitesse qui, après avoir passé par un minimum, passe par un maximum assez voisin du point de chute, varie assez peu sur ce dernier arc, de sorte que, dans une première approximation, pour obtenir le point de chute, on peut y regarder la vitesse comme constante.

Il faut aussi pour les grandes trajectoires se rendre compte de l'influence de la courbure de la Terre et de la variation de la gravité avec l'altitude, influence qui est en réalité, ainsi que je le fais voir, pratiquement à peu près négligeable, vu le degré d'approximation que l'on peut espérer.

Pour le mouvement du projectile autour de son centre de gravité, c'est, ainsi que je l'ai fait voir, par suite du couple dû à la résistance de l'air, que dans les trajectoires ordinaires, l'axe du projectile se couche sensiblement sur la tangente à la trajectoire [1], mais on est conduit à se demander

---

[1] *Bulletin de la Société de Statistique l'Isère*, 1874; *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, 1890-1891 et 1904; *Mémorial de l'Artillerie de la Marine*, 1893 et 1896; *Arkiv for Matematik, Astronomi och Fysik*, Stockholm, 1904.

ce qui se passe lorsque le projectile parvient dans les régions de l'atmosphère où la densité de l'air, et par suite sa résistance, deviennent très faibles. Si le projectile parvenait dans la région du vide absolu, son mouvement pendant toute la durée du parcours dans cette région serait un mouvement à la Poinsot. Comme d'ailleurs au début, l'axe du couple résultant des quantités de mouvement est très voisin de celui du projectile, cet axe se transporterait, très sensiblement, parallèlement à lui-même.

Toutefois, si le projectile, dans le cas des grandes trajectoires, parvient dans des régions où la densité de l'air est assez réduite pour que sa résistance soit presque complètement négligeable par rapport à la pesanteur, dans le mouvement du centre de gravité; cette résistance n'est cependant pas négligeable dans le mouvement du projectile autour de son centre de gravité, où elle est seule à agir.

On doit remarquer cependant que, si l'axe du couple des quantités de mouvement, et par suite celui du projectile, est loin de se transporter parallèlement à lui-même dans la partie supérieure de la trajectoire, il arrive cependant à faire avec cette tangente un angle très notablement plus grand que pour les trajectoires ordinaires. De plus sa rotation autour de la tangente est assez lente, dans cette partie de la trajectoire, tandis qu'elle est rapide dans la première comme dans la dernière partie.

Enfin lorsque le projectile parvient de nouveau, en se rapprochant du point de chute, dans les parties plus denses de l'atmosphère, l'axe du couple résultant des quantités de mouvement et celui du projectile qui le suit, se rapprochent de nouveau de la tangente et au point de chute l'angle de ces deux droites est pratiquement négligeable.

Dans mes études précédentes j'avais, dès le début, négligé les termes de l'ordre du carré de l'angle de l'axe du projectile et de la tangente, approximation très suffisante pour les trajectoires ordinaires, où cet angle reste toujours assez petit, tant que la vitesse n'est pas très réduite, mais ici il convient de conserver ces termes, d'une part parce que l'angle en question prend une valeur beaucoup plus grande et d'autre part parce que certains de ces termes contiennent le temps en facteur et que, pour les grandes trajectoires, la durée du trajet devient relativement importante.

Il résulte de là une complication notable du problème, mais on peut, d'autre part, lui apporter une simplification considérable par suite du fait suivant : Dans le cas qui nous occupe la trajectoire, au point de vue du mouvement du projectile autour de son centre de gravité, peut se partager en réalité en deux parties.

Une première s'étendant de l'origine du mouvement jusqu'à un point où la densité de l'air n'étant pas encore considérablement réduite et la vitesse conservant une grande valeur, on peut, en se basant sur mes études précédentes, considérer l'axe de figure comme coïncidant presque rigoureusement avec la tangente, une fois la stabilité, au départ assurée. La seconde partie de la trajectoire s'étendant, depuis le point dont il vient d'être parlé, jusqu'au point de chute.

Sur cette seconde partie la vitesse, tout en conservant toujours, dans le cas qui nous occupe, une valeur importante est cependant bien inférieure à la vitesse initiale.

Il résulte de ce fait, ainsi que je le fais voir, que sur cette seconde partie de la trajectoire, que j'ai spécialement en vue dans l'étude en question, on peut considérer l'axe de figure comme coïncidant avec l'axe du couple résultant des quantités de mouvement, ce qui simplifie beaucoup les calculs.

Je fais l'application des formules obtenues, au cas d'un projectile qui, d'après des indications données, paraît être assez semblables à ceux qui ont été tirés sur Paris.

En supposant une vitesse initiale de 1600^{m} et un angle de projection de 50° j'obtiens pour sa portée $111^{km},650$ et une flèche de $37^{km},660$. L'angle de chute est de $57^{\circ}48'$ et la vitesse restante au point de chute 767^{m}.

Dans la partie supérieure de la trajectoire qui s'étend sur une longueur de 54^{km} environ pendant lesquels le projectile est à plus de 28^{km} au-dessus du sol et où par suite la densité de l'air est inférieure à 0,02, l'axe du projectile fait avec la tangente un angle maximum de 22° environ mais il tourne très lentement autour d'elle, car pendant tout ce parcours il fait un peu moins d'un tour et demi. Au lieu de cela dans le dernier arc, avant le point de chute, qui correspond à un parcours horizontal de $6^{km},500$ environ, l'axe du projectile fait plus de 22 tours autour de la tangente, l'angle de ces deux droites étant d'ailleurs, ainsi que je dis plus haut, très petit au point de chute.

M. **Vito Volterra**, au nom de la *Reale Accademia dei Lincei* et du *Reale Istituto lombardo di scienze e lettere*, offre à l'Académie le tome second de l'édition nationale des *Œuvres d'Alessandro Volta*.

ÉLECTIONS

Par 34 suffrages contre 3 à M. *Émile Abelous*, M. **Félix Lagrange** est élu Correspondant de l'Académie pour la Section de Médecine et Chirurgie, en remplacement de M. *Bordet*, élu Associé étranger.

CORRESPONDANCE.

M. **Fernand Merlin**, sénateur, fait don à l'Académie d'un portrait de M. **Ranvier**.

M. **Alexandre Dufour** adresse un Rapport sur l'emploi de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Clément Félix* en 1922.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

F. Bourion. *Thermochimie*. (Présenté par M. G. Urbain.)

M. **Maurice Fontoynont** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur les substitutions du groupe modulaire complexe qui conservent une forme quadratique à coefficients complexes*. Note de M. **Ph. Le Corbeiller**, présentée par M. Henri Lebesgue.

Soit $S = \begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ \gamma & \delta \end{pmatrix}$ une substitution du groupe modulaire Γ attaché au corps quadratique $\mathcal{C}(\sqrt{-P})$ si $P =$ mult. $4 + 1$ ou 2; à l'anneau $\mathcal{A}(\sqrt{-P})$ si $P =$ mult. $4 + 3$; F la forme quadratique conservée par S.

M. Bianchi a démontré (1) que le groupe Γ ne pouvait admettre de subs-

(1) *Math. Ann.*, 1892.

titutions elliptiques que des ordres deux et trois. Les formes F correspondantes ont pour déterminant $\mathfrak{D}$ respectivement -1 et -3.

J'ai montré [1] que les substitutions loxodromiques du groupe Γ sont, soit d'angle φ incommensurable à 2π, soit d'angle $\varphi - \frac{2\pi}{n}$ (n pouvant alors prendre les valeurs 1, 2, 3, 4 ou 6) suivant qu'une certaine équation du second degré E, l'équation (2) de ma Note citée, ne se décompose pas ou se décompose.

Je vais indiquer de nouvelles conséquences de cette équation E. Si D est le déterminant (réel) de cette équation, $\mathfrak{D}$ le déterminant (en général complexe) de la force F et $\mathfrak{D}_0$ la quantité conjuguée de $\mathfrak{D}$, on a $16\,\mathfrak{D}\mathfrak{D}_0 = D$. La condition nécessaire et suffisante pour que l'équation E se décompose est donc que $\mathfrak{D}\mathfrak{D}_0$ soit carré parfait. En d'autres termes, une forme F, pour laquelle $\mathfrak{D}\mathfrak{D}_0$ n'est pas carré parfait, ne peut être conservée que par des substitutions loxodromiques d'angle incommensurable à 2π (nous désignerons celles-ci par L_i).

Si $\mathfrak{D}\mathfrak{D}_0$ est carré parfait, l'équation E se décompose. La forme F est alors toujours conservée, au moins par des substitutions hyperboliques qui sont toutes les puissances entières, positives ou négatives, de l'une d'elles et qu'il est aisé de déterminer (on ramène en effet cette question à une équation de Pell). Que peut-on dire des substitutions loxodromiques, s'il en existe, qui conservent la forme F?

Nous ferons ici une distinction. Une substitution loxodromique d'angle $\frac{2\pi}{n}$ (une L_n) peut géométriquement se décomposer en une translation et une rotation d'angle $\frac{2\pi}{n}$. Mais il se peut, lorsque $n = 2$ ou 3, que la substitution hyperbolique H et la substitution elliptique E_n correspondantes figurent effectivement dans le groupe modulaire Γ, comme il se peut aussi qu'elles n'y figurent pas, si leurs coefficients ne sont pas entiers du corps ou de l'anneau. Une L_2 et une L_3 sont donc, à priori, *décomposables* ou *indécomposables dans le groupe* Γ. Une L_4 et une L_6 sont sûrement indécomposables.

Cette remarque faite, il est très facile à l'aide de l'équation (E) d'établir des critères de décomposition, c'est-à-dire, étant donné une L_n dont les éléments sont d et $\frac{2\pi}{n}$, de rechercher s'il existe dans le groupe Γ une H d'amplitude d.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 63.

Soit d'abord une L_2, pour laquelle on a $\alpha + \delta = b\sqrt{-P}$; la condition nécessaire et suffisante pour qu'elle se décompose est que $(Pb^2 + 4)$ soit carré parfait.

Soit ensuite une L_4. Si nous formons son carré, qui est une L_2, nous trouvons que cette dernière satisfait toujours à la condition ci-dessus. En d'autres termes il ne peut exister de L_4 que pour des formes déjà conservées par une E_2, c'est-à-dire pour les formes de déterminant -1.

Soit maintenant une L_3; nous trouvons qu'elle se décompose toujours. En d'autres termes, elle ne peut conserver qu'une forme du déterminant -3. *A fortiori* il en est de même d'une L_6, dont le carré est une L_3.

On peut montrer, d'autre part, qu'une forme quadratique à déterminant carré parfait ne peut être conservée par aucune substitution du groupe Γ autre que la substitution identique (si l'on excepte le cas particulier des formes de déterminant -1 dans le corps $P = 1$, et de déterminant -3 dans l'anneau $P = 3$).

Enfin, il est évident qu'une forme de déterminant nul est conservée par des substitutions paraboliques seulement (points doubles confondus).

Les divers résultats qui précèdent conduisent finalement au tableau suivant :

$\mathcal{D}$ nul			P
$\mathcal{D}$ carré parfait			1
$\mathcal{D}$ non carré parfait	$\mathcal{D}\mathcal{D}_0$ carré parfait	$\mathcal{D} \neq -1$ et -3	H et parfois L_2
		$\mathcal{D} = -1$	H, E_2 et parfois L_4
		$\mathcal{D} = -3$	H, E_3 et parfois L_6
	$\mathcal{D}\mathcal{D}_0$ non carré parfait		L_i

Ce tableau montre, au premier coup d'œil, quels sont les types des substitutions du groupe modulaire qui conservent une forme quadratique donnée, à coefficients complexes de déterminant $\mathcal{D}$.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les complexes à foyer inflexionnel quadruple.* Note de M. **Paul Mentré**, présentée par M. G. Kœnigs.

Considérons dans l'espace projectif réglé les complexes non linéaires et non spéciaux dont les quatre « couples inflexionnels » sont confondus.

Dans ma Thèse [1], j'ai montré que ces complexes constituaient la caté-

[1] P. Mentré, *Les variétés de l'espace réglé* (*Th. Doct. Sc.*, Paris, 1923, p. 91).

gorie la plus singulière des six catégories dans lesquelles se classent les complexes non linéaires et non spéciaux, au point de vue de leurs propriétés infinitésimales projectives du deuxième ordre.

Dans une Note précédente (¹), j'ai indiqué que ces complexes pouvaient être enveloppés par un complexe linéaire non spécial Γ_0 dont la position ne dépend que d'un paramètre et dont la congruence caractéristique V est spéciale.

En employant la méthode de M. Cartan, on peut aisément trouver le degré de généralité des complexes considérés. On doit distinguer trois cas suivant la nature de la surface-support engendrée par la directrice r de la congruence V. Les complexes dont le support n'est pas développable dépendent, comme ce support, de trois fonctions arbitraires d'un argument. Les complexes dont le support est développable mais non dégénéré dépendent, comme ce support, de deux fonctions arbitraires d'un argument. Enfin, les complexes dont le support est dégénéré en un « couple » (ensemble des droites issues d'un point et situées dans un plan) dépendent d'une fonction arbitraire d'un argument. Il est remarquable que si le support développable dégénère il devient un couple, c'est-à-dire qu'il est alors en même temps conique et plan.

Si l'on étudie le contact du complexe linéaire enveloppant avec la surface-support, on constate que le contact est du deuxième ordre avec un support non développable et du quatrième ordre avec un support développable. D'ailleurs le complexe Γ_0 doit contenir toutes les droites d'un support dégénéré.

Il est intéressant de chercher les complexes qui admettent pour support une surface réglée donnée. Si le support n'est pas développable, on peut lui faire correspondre une infinité de complexes dépendant de deux constantes arbitraires. Le complexe linéaire Γ_0 associé à la droite r et enveloppant l'un des complexes cherchés s'obtient de la manière suivante : on trace sur le support deux lignes asymptotiques et l'on associe à la droite r le seul complexe linéaire Γ_0 qui soit osculateur et qui contienne la tangente à chacune des deux lignes asymptotiques.

Si le support est développable on peut lui faire correspondre un complexe qui est enveloppé par l'unique complexe linéaire Γ_0 possédant avec le support un contact du quatrième ordre.

Enfin si le support est dégénéré, on obtient aisément les complexes cor-

(¹) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 941.

respondants. L'équation de ces complexes en coordonnées pluckériennes est

$$\frac{L}{Z} = h\frac{X}{Z} + \Phi\left(\frac{Y}{Z}\right),$$

h étant une constante et Φ étant une fonction arbitraire.

On peut donc représenter ces complexes par ceux qui dans l'espace ordinaire ont pour équation

$$q = ha + \Phi(b).$$

Les quatre foyers inflexionnels confondus sont alors constamment rejetés à l'infini. D'ailleurs l'équation en z formée par M. G. Kœnigs et dont les racines sont les cotes des foyers inflexionnels admet bien une racine quadruple infinie.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur la connexion affine des surfaces.* Note de M. E. **Cartan**, présentée par M. Émile Borel.

I. La théorie du parallélisme de M. Levi-Civita permet de raccorder entre eux les plans tangents P et P′ en deux points infiniment voisins A et A′ d'une surface (S), toute figure (F′) tracée sur P′ devenant sur P la figure (F) qui se déduit de (F′) par projection parallèle à la normale en A. Le raccord de proche en proche des plans tangents le long d'une ligne (C) se ramène ainsi au développement sur un plan de la développable circonscrite à (S) le long de (C).

En Géométrie affine, la normale ordinaire à une surface perd toute signification; il faut lui substituer ce que les fondateurs de la Géométrie différentielle affine ont appelée la *normale affine* (¹). Elle peut être définie par la propriété que si la surface est rapportée à un trièdre ayant pour origine un point A de (S), pour plan des xy le plan tangent en A et pour axe des z la normale affine en A, la fonction $s^2 - rt$ est *stationnaire* en A. On peut aussi la définir par le vecteur $\frac{\partial^2 A}{\partial u\, \partial v}$ (u et v désignant les paramètres des asymptotiques) (²). Dans le cas d'une quadrique, les normales affines sont les diamètres (³). La normale affine est la seule droite, non située dans le

(¹) G. Pick, *Leipz. Ber.*, t. 69, 1917, p. 127.

(²) W. Blaschke, *Leipz. Ber.*, t. 69, 1917, p. 179. Une autre définition intéressante, valable pour les surfaces à courbure positive, est donnée page 168.

(³) G. Pick, *Leipz. Ber.*, t. 69, 1917, p. 130.

plan tangent, qui puisse être définie d'une manière intrinsèque en partant des éléments des trois premiers ordres de la surface.

Le choix d'un trièdre mobile ayant pour axe des z la normale affine conduit à une suite de formes différentielles intrinsèques

$$\Psi_2 = \omega_{13}\omega_{31} + \omega_{23}\omega_{32}, \qquad \Psi_3, \qquad \ldots.$$

Les *lignes de courbure affines* (¹) s'obtiennent en annulant le jacobien des deux formes Φ_2 et Ψ_2; le fait que les tangentes sont conjuguées traduit, en ce qui concerne la forme Ψ_2, la loi générale d'involution (²). Les formes Ψ sont communes à toutes les surfaces qui se correspondent avec parallélisme des plans tangents et des normales affines; elles satisfont à une même équation $s^2 - rt = f(p, q)$.

II. La notion de normale affine permet d'attribuer à toute surface une *connexion affine* intrinsèque, le raccord entre deux plans tangents infiniment voisins se faisant par projection parallèle à la normale affine. La surface, ainsi définie comme *variété à connexion affine*, possède une unité d'aire *absolue* (définie à un facteur constant près), l'élément d'aire étant, avec des axes fixes, $\sqrt[4]{s^2 - rt}\,dx\,dy$ (³).

On peut se demander si la connexion affine d'une surface peut être de nature *métrique*, conférant ainsi à la surface le caractère d'une variété de H. Weyl ou d'une variété de Riemann. Le premier cas est exclu par l'existence d'une unité d'aire absolue; le second cas se présente pour les surfaces *à courbure totale constante* (⁴) et celles qui s'en déduisent par une affinité. La normale affine se confond dans ce cas avec la normale ordinaire et le caractère métrique de la surface s'étend à tout l'espace.

III. Convenons de dire que deux surfaces sont *affinement isomorphes* si l'on peut établir entre elles une correspondance ponctuelle conservant la connexion affine. En général, deux surfaces affinement isomorphes sont

(¹) W. Blaschke, *Leipz. Ber.*, t. 69, 1917, p. 184.

(²) Voir ma Note récente *Sur les formes différentielles en Géométrie* (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 182).

(³) M. G. Pick (*Leipz. Ber.*, t. 69, p. 115) démontre la propriété invariante de l'intégrale $\iint \sqrt[4]{s^2 - rt}\,dx\,dy$ dans le cas des affinités *unimodulaires*; le résultat du texte est établi dans le cas des affinités *générales*.

(⁴) En se reportant à la définition donnée par M. W. Blaschke, *loc. cit.*, p. 168, on a une propriété caractéristique très intéressante des surfaces à courbure constante positive.

identiques (à une affinité près). Il y a exception pour les catégories suivantes de surfaces :

1° Les surfaces à forme Ψ_3 identiquement nulle, qui se partagent en trois familles suivant que la forme Ψ_2 n'est pas dégénérée, est un carré parfait ou est identiquement nulle; les surfaces d'une même famille sont toutes affinement isomorphes entre elles.

a. Les surfaces pour lesquelles la forme Ψ_2 n'est pas dégénérée sont les surfaces à courbure totale constante (et leurs transformées par affinité).

b. Les surfaces pour lesquelles Ψ_2 est un carré parfait jouissent de la propriété que la normale affine est parallèle à un plan fixe (P); de plus, dans toute section parallèle à (P), la tangente et la normale affine sont conjuguées par rapport à deux directions fixes. Ces surfaces peuvent être obtenues par l'intégration de l'équation $s^2 - rt = (p^2 + q^2)^2$.

c. Les surfaces pour lesquelles la forme Ψ_2 est nulle, sont caractérisées par la propriété que leur normale affine est parallèle à une direction fixe; elles sont données par l'équation $s^2 - rt = 1$; elles sont affinement isomorphes au plan, le *développement affine* sur le plan se faisant par projection parallèle à la normale affine.

2° Toute surface *réglée* est affinement isomorphe à une infinité d'autres dépendant d'une fonction arbitraire d'un argument.

3° Certaines surfaces particulières peuvent être isomorphes à ∞^1 autres surfaces distinctes : il est *nécessaire* pour cela que les deux directions qui annulent la hessienne de Ψ_3 soient conjuguées.

IV. On peut se proposer de chercher les surfaces qui admettent une représentation géodésique affine sur le plan, les géodésiques affines étant définies par la propriété que leur plan osculateur contient la normale affine (¹). Ces surfaces se partagent en quatre catégories :

1° Les surfaces à forme Ψ_3 nulle;

2° Les surfaces dont la normale affine passe par un point fixe (²), la représentation géodésique sur le plan se faisant par projection conique du point fixe;

(¹) Ces courbes ne semblent pas avoir été considérées, le nom de *géodésiques affines* ayant été attribué aux géodésiques de la forme quadratique *normalisée* Φ_2 (forme asymptotique); cette forme Φ_2 est du reste *différente*, suivant qu'on se place au point de vue des affinités *unimodulaires* ou des affinités *générales*.

(²) Elles ont été signalées et étudiées par M. W. Blaschke, *Leipz. Ber.*, t. 69, 1917, p. 166; les seules surfaces convexes fermées de cette catégorie sont les ellipsoïdes.

3° Certaines surfaces réglées, dont les équations générales peuvent être écrites sous forme finie, et qui contiennent en particulier les surfaces à plan directeur;

4° Certaines surfaces particulières dépendant essentiellement de trois constantes arbitraires, et jouissant de la propriété que les tangentes asymptotiques annulent la hessienne de Ψ_3. Les surfaces d'équation $x^\alpha y^\beta z^\gamma = 1$ en font partie, et il y aurait intérêt à les déterminer toutes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la sommabilité absolue des séries par les moyennes arithmétiques.* Note [1] de M. **Ervand Kogbetliantz**, présentée par M. Appell.

Chaque procédé de sommation des séries n'est en réalité que la transformation de la série qu'on veut sommer en une autre. En appliquant par exemple à la série Σu_n le procédé (C, δ) de sommation par les moyennes arithmétiques d'ordre δ, on la transforme en une autre série $\Sigma u_n^{(\delta)}$, dont le terme général $u_n^{(\delta)}$ est la différence des deux moyennes arithmétiques consécutives d'ordre δ — : $u_n^{(\delta)} = s_n^{(\delta)} - s_{n-1}^{(\delta)}$.

A ce point de vue, le célèbre théorème de Cesàro établit que la série obtenue par la multiplication de deux séries transformables en séries convergentes par les procédés $(C, \delta = \alpha)$ et $(C, \delta = \beta)$ respectivement ne se transforme en série convergente par le procédé (C, δ) que si $\delta = \alpha + \beta + 1$.

Or il arrive souvent qu'en transformant une série par le procédé (C, δ) on aboutit à une série qui converge *absolument*. Nous dirons dans ce cas que Σu_n est absolument sommable par la méthode des moyennes arithmétiques d'ordre δ, bref sommable $|C, \delta|$. Définition : *Si la transformée* (C, δ) *de la série* Σu_n, *c'est-à-dire la série* $\Sigma(s_n^{(\delta)} - s_{n-1}^{(\delta)})$ *converge absolument, la série* Σu_n *est dite absolument sommable* (C, δ), *bref sommable* $|C, \delta|$.

Le but de cette Note est la généralisation des théorèmes classiques de Cauchy et de Mertens sur la multiplication des séries. Dans ces théorèmes intervient la convergence absolue et la notion de sommabilité absolue constitue la généralisation la plus naturelle de la notion de convergence absolue qui n'est que $|C, 0|$. Pour préciser cette nouvelle notion, observons que la série divergente

$$2 - 1 + 1 - \frac{3}{4} + 0 + 0 + \frac{8}{9} - \ldots + 0 + \frac{2^r}{r^2} - \frac{2^r - 1}{r^2} + \overbrace{0 + \ldots + 0}^{2^r - 2 \text{ zéros}} + \frac{2^{r+1}}{(r+1)^2} + \ldots$$

[1] Séance du 7 janvier 1924.

qui n'est pas sommable (C, δ) si $\delta < 1$ devient pour $\delta = 1$, non seulement sommable $(C, 1)$, mais en même temps sommable $|C, 1|$. Cet exemple prouve que la sommabilité absolue, qui entraîne la sommabilité ordinaire (C, δ), n'entraîne pas en général celle d'ordre inférieur à δ.

Le terme général $u_n^{(\delta+h)}$ de la transformée d'ordre $\delta + h \ (h > 0)$ s'exprime en termes $u_k^{(\delta)}$ de la transformée d'ordre δ ainsi :

$$h > 0) \quad u_n^{(\delta+h)} = \frac{\Gamma(\delta+h+1)}{\Gamma(\delta+1)\Gamma(h)} \frac{\Gamma(n)}{\Gamma(n+\delta+h+1)} \sum_{k=1}^{n} \frac{\Gamma(k+\delta+1)}{\Gamma(k)} \frac{\Gamma(n-k+h)}{\Gamma(n-k+1)} u_k^{(\delta)},$$

ce qui permet de démontrer qu'on a pour $\lambda > \delta$

$$\sum_0^N |u_n^{(\lambda)}| \leqq \sum_0^N |u_n^{(\delta)}| \qquad (\lambda > \delta),$$

d'où le théorème :

I. *Une série sommable* $|C, \delta = \delta_0|$ *l'est aussi* $|C, \delta > \delta_0|$ *et la somme de modules ne peut que décroître quand* δ *croît.*

La somme de modules reste constante à partir de la valeur de δ pour laquelle la transformée (C, δ) a tous ses termes (sauf peut-être le premier $u_0^{(\delta)}$) de même signe. Par exemple la série

$$(1) \qquad 1 - 1 + 1 - 1 + 1 - 1 + 1 - 1 + \ldots$$

est sommable $(C, \delta > 0)$ et sa transformée $(C, 1)$ s'écrit :

$$1 - \frac{1}{2} + \frac{1}{2.3} - \frac{1}{2.3} + \ldots + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2n+1} - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2n+1} + \ldots;$$

donc $\Sigma |u_n^{(1)}|$ diverge. La série (1) n'est sommable $|C, \delta|$ que pour $\delta > 1$ et la somme $\Sigma |u_n^{(\delta)}|$ décroît de $+\infty$ jusqu'à $\frac{3}{2}$ quand δ croît de 1 jusqu'à 2. Pour $\delta = 2$ la transformée s'écrit

$$1 - \frac{1}{1.3} - \frac{1}{3.5} - \frac{1}{5.7} - \frac{1}{7.9} - \ldots - \frac{1}{(2n-1)(2n+1)} - \ldots,$$

et à partir de $\delta = 2$ la somme de la série $\Sigma |u_n^{(\delta)}|$ reste constante.

La définition de la sommabilité $|C, \delta|$, pour n'être pas contradictoire en elle-même, doit satisfaire aux deux conditions suivantes :

II. *Une série dont la transformée* (C, δ) *est absolument sommable* $|C, \gamma|$ *est elle-même absolument sommable* $|C, \delta + \gamma|$.

III. *Si une série est sommable* $|C, \delta|$, *sa transformée* (C, α) *d'ordre* $\alpha < \delta$ *est absolument sommable* $|C, \delta - \alpha|$.

La démonstration des théorèmes II et III s'appuie sur le théorème I et sur les relations

$$s_N^{(\gamma+\delta)} = \frac{\Gamma(\gamma+\delta+1)}{\Gamma(\gamma).\Gamma(1+\delta).\Gamma(-\delta)} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\Gamma(n-\delta)}{\Gamma(n+1)} \cdot \frac{S_N^{(n+\gamma,\delta)}}{n+\gamma},$$

$$S_N^{(\gamma,\delta)} = \gamma\delta \sum_{m=0}^{N} \frac{F(\gamma, \delta, N+\gamma+\delta+1, 1)}{F(\gamma, \delta, m+\gamma+\delta+1, 1)} \cdot \frac{s_{N-m}^{(m+\gamma+\delta)}}{(m+\gamma)(m+\delta)},$$

où $S_N^{(\gamma,\delta)}$ désigne la $n^{\text{ième}}$ moyenne double d'ordres γ et δ, tandis que $s_n^{(\rho)}$ est la moyenne ordinaire d'ordre ρ (1).

Le théorème fondamental généralisant celui de Cauchy est :

IV. *La série obtenue par la multiplication de deux séries absolument sommables* $|C, \delta|$ *et* $|C, \gamma|$ *est absolument sommable* $|C, \delta+\gamma|$ *et sa somme est le produit des sommes des séries-facteurs.*

Dans la démonstration, on emploie l'identité

$$s_n^{(\delta-1)} = s_{n-1}^{(\delta)} + \frac{n+\delta}{\delta} u_n^{(\delta)}.$$

Dans le cas particulier $\delta = \gamma = 0$ on retrouve le théorème classique de Cauchy. Le cas $\gamma = 0$, $\delta \neq 0$ fait voir que *la multiplication d'une série absolument sommable par une série absolument convergente ne change pas son ordre de la sommabilité absolue.*

Enfin, la généralisation du théorème de Mertens s'énonce :

V. *La série obtenue par la multiplication de deux séries sommables, l'une* (C, δ), *l'autre* $|C, \gamma|$, *est sommable* $(C, \delta+\gamma)$, *et sa somme est le produit des sommes des séries-facteurs.*

Dans le cas $\delta = \gamma = 0$, on retrouve le théorème de Mertens. Pour $\gamma = 0$, $\delta \neq 0$, on a le résultat de MM. Hardy et Littlewood (2) : *La multiplication d'une série sommable* (C, δ) *par une série absolument convergente ne change pas son ordre de sommabilité* (C, δ).

On voit que les théorèmes IV et V, analogues au théorème de Cesàro, s'en distinguent en ce qu'il suffit, pour transformer la série-produit, d'employer la transformation $(C, \delta+\gamma)$, tandis que dans le théorème de Cesàro on est obligé d'augmenter la somme $\delta+\gamma$ d'une unité et d'employer la transformation $(C, \delta+\gamma+1)$.

La notion de sommabilité absolue s'applique à tout procédé de somma-

(1) KOGBETLIANTZ, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 224-227.
(2) *Proceedings of the Lond. Math. Society*, 2e série, vol. 11, 1913, th. 35, p. 461.

tion qui remplace la suite des sommes partielles $s_0, s_1, s_2, \ldots, s_n, \ldots$ par une autre suite $\sigma_0, \sigma_1, \sigma_2, \ldots, \sigma_n, \ldots$. En particulier, la notion de sommabilité absolue par le procédé des moyennes typiques de M. M. Riesz doit trouver un vaste champ d'application dans la théorie des séries de Lejeune-Dirichlet.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *L'équation différentielle linéaire du second ordre à quatre points singuliers.* Note de M. **A. Vakselj**, présentée par M. Hadamard.

1. La méthode de continuité de Poincaré peut souvent être remplacée par une autre plus directe, déduite d'une proposition de M. Plemelj. On sait déjà, d'après Poincaré, que les modules

$$I_1 = a_1 + d_1, \qquad I_{12} = a_1 a_2 + d_1 d_2 + b_1 c_2 + c_1 b_2$$

du groupe de monodromie correspondant à l'équation différentielle linéaire du second ordre sont des fonctions entières des coefficients-paramètres qui se trouvent rationnellement dans les coefficients des termes d'une telle équation. La démonstration de M. Plemelj ([1]) prouve d'abord que l'ordre de ces fonctions est au plus égal à $\frac{1}{2}$, mais l'on voit aisément que cet ordre est précisément égal à $\frac{1}{2}$. A l'aide de ces modules, on peut alors très facilement effectuer la détermination de paramètres accessoires de l'équation différentielle donnée

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + q y = 0, \tag{1}$$

de sorte que la fonction $\eta(x) = \frac{y_1}{y_2}$, définie par le rapport de deux intégrales particulières de l'équation (1), ou la fonction inverse $x(\eta)$, satisfasse à certaines conditions d'uniformité.

Je vais donner un exemple, d'ailleurs intéressant par lui-même, de cette nouvelle méthode (*Thèse de Ljubljana*, octobre 1923).

2. Prenons le cas d'une équation différentielle linéaire du second ordre à quatre points singuliers, le coefficient q de l'équation (1) étant de la

([1]) *Tagung der deutsch. Math. Ver. in Wien*, 1913; voir *Bull. de l'Acad. des Sc. et Arts de Zagreb* (Yougoslavie), t. 228, 1923, p. 15-20.

forme

$$(2)\qquad q=\frac{1}{(x-e_1)(x-e_2)(x-e_3)(x-e_4)}\times\left[\frac{(1-\delta_1^2)}{4}\,\frac{(e_1-e_2)(e_1-e_3)(e_1-e_4)}{x-e_1}+\ldots+\mathrm{B}\right],$$

B désignant le paramètre accessoire. Désignons par S_1, S_2, S_3, S_4 les substitutions correspondant aux points singuliers e_1, e_2, e_3, e_4 ou bien du système fondamental (y_1, y_2) ou bien du quotient d'intégrales $\eta=\frac{y_1}{y_2}$. On ne suppose rien sur les différences d'exposants δ_1, δ_2, δ_3, δ_4.

Considérons le quotient $\eta=\frac{y_1}{y_2}$. On a d'abord la relation $S_1S_2S_3S_4=1$ qui exprime le fait que la fonction n est uniforme dans tout domaine sans points singuliers à son intérieur. Supposons maintenant que la fonction η revienne aussi à sa valeur initiale lorsque la variable x décrit certains contours fermés renfermant des points singuliers. Le cas le plus simple où l'on aboutisse à des résultats nouveaux est celui où le contour renferme deux points singuliers e_1, e_2, ce qui donne la relation $S_1S_2=1$. Une telle fonction η représente le plan de la variable x, coupé suivant deux lignes allant respectivement de e_1 à e_2 et de e_3 à e_4, sur l'extérieur de deux fuseaux curvilignes.

L'ordre de connexion du domaine fondamental est ici plus grand que 1, tandis que le domaine fondamental du cas traité par MM. Klein (1), Hilbert (2), Hilb (3) et Gerstenmeier (4) est simplement connexe. Dans le cas où toutes les différences d'exposants δ_1, δ_2, δ_3, δ_4 sont égales à zéro et où les quatre points singuliers sont réels, M. Smirnoff (5) déduit dans certaines conditions d'uniformité de la fonction inverse de $\eta(x)$ qu'on a la relation $S_1S_2=1$.

3. Passons du quotient $\eta=\frac{y_1}{y_2}$ au système fondamental (y_1, y_2). On a le théorème :

La condition nécessaire et suffisante pour que l'on ait $S_1S_2=1$ *est que le système fondamental* (y_1, y_2) *subisse une des deux substitutions*

$$\begin{pmatrix}1, & 1\\ 0, & 1\end{pmatrix}\quad\text{et}\quad\begin{pmatrix}-1, & 0\\ 0, & -1\end{pmatrix},$$

(1) *Math. Annalen*, t. 64.
(2) *Grundzüge der Theorie der lin. Integralgleichung.*
(3) *Math. Annalen*, t. 66, 68.
(4) *Inaugural Dissertation*, Erlangen, 1910.
(5) *Bull. des Sc. math.*, 1921.

lorsque la variable x décrit un contour renfermant les deux points singuliers e_1, e_2.

Je démontre alors le théorème, dû à M. Plemelj :

Les conditions nécessaires et suffisantes de la relation symbolique

$$S_1 S_2 = \begin{pmatrix} \pm 1, & 0 \\ 0, & \pm 1 \end{pmatrix}$$

sont que les modules du groupe de monodromie satisfassent aux égalités

$$(3) \qquad I_{34} = I_{12} = \pm 2, \qquad I_2 = \pm I_1, \qquad I_4 = \pm I_3,$$

pourvu cependant que l'équation différentielle correspondante ne possède pas d'intégrale, canonique en même temps à tous ses points singuliers.

On prend, bien entendu, dans les relations précédentes toujours le même signe.

J'ajoute encore le théorème :

Dans le cas de quatre points singuliers, il existe une intégrale, canonique en même temps à tous ses points singuliers, quand les différences d'exposants δ_1, δ_2, δ_3, δ_4 vérifient une des relations

$$(4) \qquad \pm \delta_1 \pm \delta_2 \pm \delta_3 \pm \delta_4 = 2$$

et si le paramètre accessoire B acquiert en même temps une valeur bien déterminée d'avance.

4. Si δ_i est la différence d'exposants relative au point singulier e_i, on a $I_i = -2 \cos \delta_i \pi$. Les deux dernières relations (3) ne donnent alors que des relations simples entre δ_1, δ_2, δ_3, δ_4.

Enfin I_{12} est une fonction entière d'ordre $\frac{1}{2}$ par rapport au paramètre accessoire B; donc :

Les différences d'exposants δ_1, δ_2, δ_3, δ_4 étant données conformément à de certaines relations simples, il existe une infinité dénombrable de valeurs du paramètre accessoire B telles que l'on ait parmi les substitutions S_1, S_2, S_3, S_4 des nouvelles relations $S_1 S_2 = 1$ et $S_3 S_4 = 1$.

A chaque racine de l'équation $I_{12} = \pm 2$ correspond une équation différentielle, c'est ce qui constitue un « oberthéorème » de M. Klein. On constate aisément que dans le cas de quatre points singuliers réels, toutes ces racines sont réelles; la classification des « oberthéorèmes » s'achève ici au moyen de théorèmes d'oscillations. Il est d'ailleurs bien aisé de voir que ce dernier cas est aussi un cas fuchsien, ce qui en général n'a pas lieu.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence des séries de fonctions orthogonales.* Note de **M. D. Menchoff**, présentée par M. Henri Lebesgue.

1. Le but de cette Note est de démontrer le théorème suivant :

E *étant un nombre positif quelconque, lorsque* $\varphi_n(x)$, $n = 1, 2, 3, \ldots$, *est un système normé de fonctions orthogonales dans* $(0, 1)$ *et que les constantes réelles* a_n *sont telles que*

$$\sum_{n=1}^{\infty} |a_n|^{2-E} \tag{1}$$

converge, la série

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n \varphi_n(x) \tag{2}$$

converge presque partout dans $(0, 1)$.

Ce théorème est une conséquence de la proposition plus générale :

$\omega(u)$ *étant une fonction positive croissante et telle que la série de terme général* $\frac{1}{\omega(p)}$ *converge si* $\lim\limits_{n \to \infty} a_n = 0$, *la convergence de la série*

$$\sum_{n=1}^{\infty} \left[\omega(\log|\log|a||)\right]^2 (\log|a_n|)^2 . a_n^2 \tag{3}$$

entraîne une convergence presque partout de la série (2) [1].

Pour la démonstration de la proposition en question, nous avons besoin du lemme suivant :

Étant donné un nombre positif δ *et un système de nombres entiers et positifs* $n(s)$, $1 \leq s \leq N$, *désignons par* $E(\delta)$ *l'ensemble de tous les points* x *pour lesquels subsiste l'inégalité*

$$\left| \sum_{s=s'}^{s''} a_{n(s)} \varphi_{n(s)}(x) \right| < \delta$$

quels que soient les entiers s' *et* s'' *satisfaisant à la condition* $1 \leq s' \leq s'' \leq N$. *On a alors, pour* $N > 1$,

$$\text{Mes}\, CE(\delta) < \frac{K}{\delta^2} (\log N)^2 \sum_{s=1}^{N} a_{n(s)}^2, \tag{4}$$

---

[1] Nous supposons que toutes les quantités a_n sont différentes de zéro et nous prenons les logarithmes à base 2.

où $CE(\delta)$ *est l'ensemble complémentaire à* $E(\delta)$ *par rapport à* $(0,1)$ *et* K *est une constante absolue*, $K > 1$ (¹).

2° Passons à la démonstration de la proposition énoncée ci-dessus. Sans restreindre la généralité de la proposition, nous pouvons supposer que

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n^2 < \frac{1}{16}.$$

Répartissons tous les indices n par groupes Γ_p $(p = 1, 2, 3, \ldots)$, dont chacun consiste de tous les indices n, en nombre N_p, satisfaisant à la condition

$$(5) \qquad 2^{2^p} \leq \frac{1}{|a_n|} < 2^{2^{p+1}}.$$

En désignant successivement par

$$n(p, 1) < n(p, 2) < \ldots < n(p, s) < \ldots < n(p, N_p)$$

les indices du groupe Γ_p, posons $E_p \equiv (0, 1)$ pour $N_p = 0$ et, en d'autres cas, supposons que l'ensemble E_p coïncide avec $E(\delta)$ défini pour $\delta = \frac{1}{\omega(p)}$, $N = N_p$ et $n(s) = n(p, s)$.

En supposant que $N_p > 1$, on a, en vertu de (4),

$$(6) \qquad \operatorname{mes} CE_p < K[\omega(p)]^2 (\log N_p)^2 \sum_{s=1}^{N_p} a_{n(p,s)}^2.$$

Il résulte de l'inégalité (5) et de la définition des nombres $n(p, s)$:

$$(7) \qquad \omega(p) \leq \omega\big[\log|\log|a_{n(p,s)}||\big], \qquad 2^p \leq |\log|a_{n(p,s)}||, \qquad \log N_p < 2^{p+2}.$$

(¹) Ce lemme est une conséquence immédiate de l'inégalité suivante :

$$\operatorname{Mes} CG_m < \frac{2^7 m^2}{\delta^2} A_m, \qquad A_m = \sum_{n=2^m+1}^{2^{m+1}} a_n^2,$$

où G_m est l'ensemble de tous les points x tels que l'inégalité

$$\left| \sum_{n=n'}^{n''} a_n \varphi_n(x) \right| < 4\delta$$

a lieu pour toutes les valeurs entières de n' et n'' satisfaisant à la condition

$$2^m < n' \leq n'' < 2^{m+1}.$$

[D. Menchoff, *Sur les séries de fonctions orthogonales* (*Fundamenta Mathematicæ*, t. 4, p. 88).]

En combinant (6) avec (7), on obtient finalement pour $N_p > 1$,

$$(8) \qquad \text{mes}\, CE_p < 16\, K \sum_{s=1}^{N_p} \left[\omega(\log|\log|a_{n(p.s)}||)\right]^2 (\log|a_{n(p.s)}|)^2 a_{n(p.s)}^2$$

et l'on voit sans peine que la même inégalité a aussi lieu pour $N_p = 1$.

De la convergence de la série (3) et de l'inégalité (8), nous concluons immédiatement à la convergence de la série dont le terme général est $\text{mes}\, CE_p$. En désignant par $\mathcal{E}$ l'ensemble limite complet des ensembles CE_p, $p = 1, 2, 3, \ldots$, on a, en vertu d'un théorème connu, $\text{mes}\, \mathcal{E} = 0$, $\text{mes}\, C\mathcal{E} = 1$ (¹).

Prenons deux indices quelconques n' et n'', $n' \leqq n''$, et soient p' et p'' la plus petite et la plus grande de celles des valeurs de p pour lesquelles se trouve vérifiée l'inégalité (5) pour une valeur au moins de n, satisfaisant à la condition $n' \leqq n \leqq n''$. Il est clair que $\lim\limits_{n' \to \infty} p' = +\infty$, $\lim\limits_{n' \to \infty} p'' = +\infty$.

En tenant compte de la définition des ensembles $\mathcal{E}$ et E_p, on voit qu'il correspond, à tout point x de l'ensemble $C\mathcal{E}$, un nombre $n(x)$ tel que l'inégalité

$$\left|\sum_{n=n'}^{n''} a_n \varphi_n(x)\right| < \sum_{p=p'}^{p''} \frac{1}{\omega(p)}$$

a lieu pour toutes les valeurs de n' et n'' satisfaisant à la condition $n'' \geqq n' > n(x)$. De la propriété de la fonction $\omega(u)$ il résulte alors la convergence de la série (2) en tout point de $C\mathcal{E}$, c'est-à-dire presque partout dans $(0, 1)$. C. Q. F. D. (²).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence des séries de Fourier*. Note de MM. **A. Kolmogoroff** et **G. Seliverstoff**, présentée par M. Henri Lebesgue.

M. Hardy (³) a démontré le théorème suivant :

Si la série

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n (\log n)^2$$

(¹) N. Lusin, *L'intégrale et la série trigonométrique*, Moscou, 1915, p. 38 (en russe).

(²) M. Kolmogoroff a généralisé la proposition démontrée dans cette Note, en remplaçant le multiplicateur $\left[\omega(\log|\log|a_n||)\right]^2$, figurant dans la série (3), par $\omega(\log|\log|a_n||)$.

(³) *Proc. London Math. Soc.*, 2ᵉ série, t. 12, 1913, p. 365.

converge, la série

(1) $$\sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos nx + b_n \sin nx$$

converge presque partout (sauf l'ensemble de mesure nulle).

Après les travaux de M. Menchoff [1], nous savons que, pour les séries de fonctions orthogonales en général, on ne peut pas remplacer le facteur $(\log n)^2$ par une fonction vérifiant la condition

$$\omega(n) = o[\log n)^2].$$

Dans la présente Note, nous démontrerons que, dans le cas des séries trigonométriques, le facteur $(\log n)^2$ peut être remplacé par $(\log n)^{1+\Sigma}$.

Lemme. — *Étant donnée une somme trigonométrique*

$$S(x) = \sum_{k=1}^{n} (a_k \cos kx + b_k \sin kx) \qquad (n > 1),$$

on a

$$\int_0^{2\pi} S_{k(x)}(x)\, dx \leqq \sqrt{C \log n \sum_{p=1}^{n} (a_p^2 + b_p^2)}.$$

Dans cette expression, $k(x)$ *est une fonction arbitraire, qui ne prend que les valeurs* 1, 2, 3, ..., n,

$$S_{k(x)}(x) = \sum_{v=1}^{k(x)} a_p \cos px + b_p \sin px,$$

et C *est une constante absolue.*

Démonstration :

$$\int_0^{2\pi} S_{k(x)}(x)\, dx = \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} S(\alpha) \sum_{p=1}^{k(x)} \cos p(x-\alpha)\, d\alpha\, dx$$

$$= \int_0^{2\pi} S(\alpha) \int_0^{2\pi} \sum_{p=1}^{k(x)} \cos p(x-\alpha)\, dx\, d\alpha$$

$$\leqq \sqrt{\int_0^{2\pi} S^2(\alpha)\, d\alpha \int_0^{2\pi} \left[\int_0^{2\pi} \sum_{p=1}^{k(x)} \cos p(x-\alpha)\, dx\right]^2 d\alpha}$$

---

(1) *Fundamenta Mathematicæ*, t. 4, 1922, p. 89.

(d'après l'inégalité de Schwarz);

$$\int_0^{2\pi}\left[\int_0^{2\pi}\sum_{p=1}^{k(x)}\cos p(x-\alpha)\,dx\right]^2 d\alpha$$

$$=\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi}\sum_{p=1}^{k(x)}\cos p(x-\alpha)\sum_{p=1}^{k(y)}\cos p(y-\alpha)\,d\alpha\,dx\,dy$$

$$=\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi}\sum_{p=1}^{\mathrm{Min}[k(x),k(y)]}\int_0^{2\pi}\cos p(x-\alpha)\cos p(y-\alpha)\,d\alpha\,dx\,dy$$

$$=\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi}\sum_{p=1}^{\mathrm{Min}[k(x),k(y)]}\cos p(x-y)\,dx\,dy.$$

On peut démontrer sans peine que la dernière expression ne surpasse pas $C\log n$, C étant une constante absolue.

THÉORÈME. — *Si les séries*

$$\sum_{n=1}^{\infty}\tau(n)(a_n^2+b_n^2)=\mathrm{A}, \tag{2}$$

$$\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n\tau(n)}=\mathrm{N},\qquad \tau(n)<\tau(n+1) \tag{3}$$

convergent, la série (1) *converge presque partout.*

Nous démontrerons d'abord que les sommes partielles du (1) sont bornées presque partout.

Posons

$$\mathrm{S}_{p,l}=\sum_{q=2^{2^p}}^{l}a_q\cos qx+b_q\sin qx,\qquad 2^{2^p}\leq l<2^{2^{p+1}},$$

$$p=0,\ 1,\ 2,\ 3,\ \ldots,$$

$$\mathrm{A}_p=\sum_{q=2^{2^p}}^{2^{2^{p+1}}-1}(a_n^2+b_n^2).$$

En vertu du lemme, on a

$$\int_0^{2\pi}\mathrm{S}_{p,l(x)}(x)\,dx<\sqrt{\mathrm{C}\log 2^{2^{p+1}}\mathrm{A}_p}<\mathrm{C}'\sqrt{2^p\mathrm{A}_p};$$

$l(x)$ est une fonction arbitraire vérifiant les inégalités pour l et ne prenant que des valeurs entières. Par conséquent, $\Phi(x)$ étant la borne supérieure

en chaque point des sommes partielles de la série (1), nous avons

$$(4) \qquad \int_0^{2\pi} \Phi(x)\,dx < C' \sum_{p=1}^{\infty} \sqrt{A_p 2^p} + 2\pi(a_1 + b_1).$$

La série de droite converge. En effet,

$$\sum_{k=1}^{\infty} A_p \tau(2^{2^p}) < \sum_{n=1}^{\infty} (a_n^2 + b_n^2)\tau(n) = A;$$

en vertu d'un théorème de Cauchy,

$$\sum_{p=1}^{\infty} \frac{2^p}{\tau(2^{2^p})} < 2 \sum_{r=1}^{\infty} \frac{1}{\tau(2^r)} < 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n\tau(n)} = 4N,$$

et par conséquent on a

$$\sum_{p=1}^{\infty} \sqrt{A_p \tau(2^{2^p}) \frac{2^p}{\tau(2^{2^p})}} < 2\sqrt{AN}.$$

On peut omettre les premiers termes de la série (1) de façon que l'intégrale (4) soit aussi petite que l'on veut. Cela démontre la convergence de la série (1).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une proposition fondamentale de probabilité*. Note de M. **Constant Lurquin**, présentée par M. Emile Borel.

1. Les travaux de Tchebycheff relatifs au calcul des probabilités ont échappé pendant longtemps à l'attention des mathématiciens. Dans un mémoire fondamental[1], Tchebycheff a fait connaître un critérium de probabilité à la fois élégant, simple et fécond, et duquel dérivent immédiatement le théorème de Bernoulli et la loi des grands nombres de Poisson. Ce critérium a été généralisé et étendu au cas des écarts moyens de degré supérieur [2].

---

(1) *Des valeurs moyennes* (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 2e série, t. 12, 1867, p. 177).

(2) Alf. Guldberg, *Sur le théorème de Tchebycheff* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 418). — C. Lurquin, *Sur le critérium de Tchebycheff* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 681).

Nous nous proposons de montrer que le principe directeur de la proposition qui nous occupe appartient à Bienaymé dont les travaux en théorie des probabilités sont particulièrement suggestifs. On trouve dans le mémoire ([1]) de Bienaymé la méthode des moments ou des espérances mathématiques que Tchebycheff a appliquée d'une manière très efficace dans ses recherches de probabilité. La démonstration du mathématicien français est établie pour les erreurs d'observation. Nous l'adaptons à un problème général de probabilité. Voici la synthèse du raisonnement :

2. Soit la série $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \ldots$ des valeurs possibles de la quantité variablé α. Soit p_i la probabilité d'une valeur α_i de manière que la somme

$$p_1 + p_2 + p_3 + \ldots = 1.$$

On considère le cas de plusieurs grandeurs éventuelles α, β, γ, ... Bienaymé établit par un raisonnement long mais ingénieux la propriété bien connue du principe d'addition des valeurs moyennes

$$\mathrm{M}(\theta) = \mathrm{M}(\alpha) + \mathrm{M}(\beta) + \mathrm{M}(\gamma) + \ldots$$

avec

$$\theta = \alpha + \beta + \gamma + \ldots \quad \text{et} \quad \mathrm{M}(\alpha) = \Sigma_i p_i \alpha_i.$$

On a aussi

$$\underset{(2)}{\mathrm{E}^2}(\theta) = \mathrm{M}\left[(\theta - \mathrm{M}(\theta))^2\right] = \mathrm{M}\left[(\alpha - \mathrm{M}(\alpha))^2\right] + \mathrm{M}\left[(\beta - \mathrm{M}(\beta))^2\right] + \ldots$$

et encore

$$\underset{(2)}{\mathrm{E}^2}(\theta) = \mathrm{M}(\alpha^2) + \mathrm{M}(\beta^2) + \ldots - [\mathrm{M}(\alpha)]^2 - [\mathrm{M}(\beta)]^2 - \ldots$$

qui traduit le principe de conservation de l'écart moyen quadratique sous la condition indispensable que les quantités variables α, β, γ, ... soient indépendantes entre elles.

Supposons que la quantité variable θ doive être comprise entre les limites

$$(1) \qquad \pm \lambda \underset{(2)}{\mathrm{E}}(\theta) \qquad (\lambda > 1).$$

Il est évident que la somme S des termes de $\underset{(2)}{\mathrm{E}^2}(\theta)$ extérieurs à ces limites

([1]) *Considérations à l'appui de la découverte de Laplace sur la loi de probabilité dans la méthode des moindres carrés* (*Comptes rendus*, t. 37, 1853, p. 309, et réimpression, quatorze ans plus tard, dans le *Journal de Mathématiques pures et appliquées* de Liouville, 2e série, t. **12**, 1867, p. 158).

ne représente qu'une partie de l'écart moyen total. D'où

$$S = k\underset{(2)}{E^2}(\theta) \qquad (k<1).$$

D'autre part, en désignant par Q la probabilité des termes situés en dehors des limites, on a

$$S = Ql\lambda^2 \underset{(2)}{E^2}(\theta) \qquad (l>1).$$

On en conclut pour la probabilité P que θ tombe entre les limites assignées

$$P = 1 - Q = 1 - \frac{1}{\lambda^2}\frac{k}{l}.$$

C'est, sous une forme simplifiée, le résultat de Bienaymé.

3. La démonstration de Tchebycheff est une application de la méthode de Bienaymé. Il y a seulement des différences de données. L'intervalle (1) reste le même : un multiple de l'écart moyen quadratique. La quantité dont on cherche la probabilité P dans la même supposition est, à présent, la somme des écarts absolus des variables considérées.

On sait que cette probabilité se présente sous la forme

$$P > 1 - \frac{1}{\lambda^2} \qquad (\lambda > 1).$$

Il importe toutefois de faire remarquer que Tchebycheff indique la relation qui lie P et les probabilités élémentaires correspondantes aux valeurs des variables données.

Nous estimons que la proposition fondamentale de probabilité qui fait l'objet de cette Note devrait recevoir, dans la littérature mathématique, le nom de *criterium de Bienaymé-Tchebycheff*.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les ondes d'émersion dans un canal de largeur donnée.* Note de M. **R. Risser**, présentée par M. L. Lecornu.

Le potentiel des vitesses peut être représenté par la série de Mac Laurin :

$$(1) \qquad \varphi = th_0 + \frac{t^3}{3!}\frac{\partial h_0}{\partial z} + \ldots + \frac{t^{2n+1}}{(2n+1)!}\frac{\partial^n h_0}{\partial z^n} + \ldots,$$

où h_0, qui désigne la valeur initiale au point (x, y, z) de $\frac{\partial\varphi}{\partial t}$ ou de la déni-

vellation, répond aux conditions

$$\Delta_2 h_0 = 0, \qquad \frac{dh_0}{dn} = 0$$

sur les parois, et est telle que, pour $z = 0$, elle se réduise à $f(x, y)$ (¹).

Si l'on se trouve dans le cas limite d'un canal de largeur a, on peut évaluer la dénivellation en introduisant le corps réel et ses $2k$ images, et adoptant comme aire totale d'émersion l'ensemble de l'aire vraie et de ses $2k$ images, à condition de faire croître k indéfiniment. Alors que l'on ne faisait apparaître que la fonction

$$Z_1 = \iint_{-\infty}^{+\infty} \frac{f(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta}{r} \qquad \left[\text{avec } r = \sqrt{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2 + z^2}\right]$$

pour un seul corps dans l'hypothèse d'un canal indéfini, il faut maintenant considérer

$$Z_1 + \sum_{-k}^{+k}{}' \iint \frac{f[\xi, (-1)^j \eta + ja]\, d\xi\, d\eta}{\sqrt{(x-\xi)^2 + [y - ja - (-1)^j \eta]^2 + z^2}},$$

l'expression Σ' s'étendant à toutes les valeurs de j de $-k$ à $+k$, sauf zéro.

En supposant tout d'abord que dans le cas d'un milieu indéfini, l'on s'en tienne à un seul élément dq, immergé à l'origine des coordonnées, et que (ξ et η) soient négligeables devant (x, y, z), le potentiel est défini par

$$\varphi_0 = \frac{dq}{2\pi} \sum_0^\infty \frac{(-1)^n t^{2n+1}}{(n+2)(n+3)\ldots(2n+1)} P_{n+1}(\cos\theta);$$

dans le cas d'un canal de largeur a, on associera à φ_0 les potentiels

$$\varphi_{-k}, \quad \ldots, \quad \varphi_{-1}, \quad \varphi_1, \quad \ldots, \quad \varphi_k.$$

Il suffira de grouper tous les termes de rang n dans les potentiels partiels, et, dans chacun d'eux, on fera croître k indéfiniment, puis on donnera à n toutes les valeurs en remarquant que

$$\sum_{j=-k}^{j=+k} \frac{t^{2n+1}}{(n+2)\ldots(2n+1)r^{n+2}} P_{n+1}(\cos\theta_j) < \frac{2t^{2n+1}}{(n+2)\ldots(2n+1)a R^{n+1}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^n\psi\, d\psi,$$

après avoir posé

$$y - ja = R \operatorname{tang}\psi \qquad \text{et} \qquad R = \sqrt{x^2 + z^2}.$$

(¹) Voir le très intéressant Mémoire de M. BOUSSINESQ, *Sur une importante simplification de la théorie des ondes que produisent à la surface d'un liquide l'émersion d'un solide ou l'impulsion d'un coup de vent* (*Annales de l'École Normale supérieure*, 1910, p. 37).

La dénivellation aura pour valeur

$$(2)\qquad h=\sum_{-k}^{+k} h_j$$

avec

$$(2)'\qquad h_j=\frac{dq}{2\pi r_j^2}\left[P_1(\cos\theta_j)+\ldots+\frac{(-1)^n t^{2n}}{(n+2)\ldots 2n r_j^n}P_{n+1}(\cos\theta_j)+\ldots\right],$$

toujours à condition de faire croître indéfiniment le nombre des images.

En définitive, tout se passe comme si la particule fluide, située en $M(x, y, z)$, subissait d'abord l'influence du corps, puis celle de chacune des images, et l'on voit que le mouvement est uniformément accéléré sur toute droite joignant M au corps et à ses images.

Dénivellation à la surface. — Cette dénivellation dans le cas d'un milieu indéfini, de profondeur infinie, est représentée par l'expression

$$\frac{dq}{2\pi}\sum_{m=0}^{m=\infty}\frac{(-1)^{3m+2}\left(\frac{t^2}{2}\right)^{2m+1}}{(2.4\ldots 2m)(2m+3)\ldots(3m+1)r^{2m+3}}.$$

La dénivellation de la partie fluide (x, y, z) située dans un canal à parois parallèles, distantes de a, aura pour valeur une série dont le terme de rang m sera défini par l'expression

$$\frac{dq}{2\pi}(-1)^{3m+2}\frac{\left(\frac{t^2}{2}\right)^{2m+1}}{(2.4\ldots 2m)(2m+3)\ldots(4m+1)}\sum_{j=-k}^{j=+k}\frac{1}{r_j^{2m+3}}.$$

En faisant un calcul analogue à celui indiqué ci-dessus, on trouve que le $n^{\text{ième}}$ terme de h a pour valeur

$$\frac{dq}{\pi a R}(-1)^{3m+2}\left(\frac{t^2}{2R}\right)^{2m+1}\frac{1}{1.3.5\ldots(4m+1)};$$

il résulte de là que la formule représentative de h se ramène à celle trouvée par Poisson, Cauchy et M. Boussinesq dans le cas de deux dimensions, par la substitution de $\left(\frac{S}{\pi R}\right)$ à $\left(\frac{dq}{\pi R a}\right)$.

Dénivellation en un point x, y, z. — Cette dénivellation est définie par

$$(3)\qquad h=\sum_{j=-k}^{j=+k}h_j,\qquad\text{avec}\qquad h_j=\frac{dq}{2\pi}\sum_{n=0}^{n=\infty}(-1)^n\frac{t^{2n}}{r_j^{n+2}}\frac{(n+1)!}{2n!}P_{n+1}(\cos\theta_j);$$

tenant compte du mode de représentation des polynomes de Legendre, on remarque que l'élément multiplicateur de t^{2n} dans l'expression de la déni-

vellation totale est figuré par

$$(-1)^n \frac{(n+1)!}{2n!} \sum_{p=0}^{p \leq \frac{n+1}{2}} \sum_{j=-k}^{j=+k} (-1)^p C_{n+1}^p A \frac{z^{n+1-1p}}{z^{2n+3-2p}}$$

[où C_{n+1}^p est le nombre des combinaisons de $(n+1)$ objets p à p] et

$$A = (2n+2-2p)\ldots(n+2-2p).$$

En recourant au mode de calcul précédemment utilisé, on trouve qu'en première approximation, la dénivellation a pour valeur

$$h = \frac{dq}{2\pi} \sum_{n=0}^{n=\infty} (-1)^n \left(\frac{t^2}{R}\right)^n \frac{2}{aR} \frac{n+1}{1.3.5\ldots(2n+1)} \sum_{p=0}^{p \leq \frac{n+1}{2}} \frac{(-1)^p}{2^{2p}} \frac{1}{p!} \frac{(n-p)!}{(n+1-2p)!} \cos^{n+1-2p}\Theta,$$

avec

$$R = \sqrt{x^2+z^2} \quad \text{et} \quad \cos\Theta = \frac{Z}{R}.$$

Remarque. — On peut donner une solution analytique complète du problème dans le cas d'un élément dm et où le fluide remplit un vase parallélépipédique de dimentions $\left(x = \pm \frac{a}{2}, y = \pm \frac{t}{2} z = c\right)$, en s'inspirant d'un beau Mémoire de M. Appell (¹); on constate que le potentiel h_0 est répresenté par

$$dm[b_2(x, y, z; a, b) - b_2(x, y, 2c - z; a, b)],$$

avec

$$b_2(x, y, z; a, b) = A_{00} + \Sigma A_{\mu,\nu} \cos\frac{2\pi\mu x}{a} \cos\frac{2\pi\nu y}{b}.$$

On peut évidemment par le même procédé déterminer h_0 et la dénivellation, lorsque c étant fini ou infini, b devient infini.

HYDRODYNAMIQUE. — *Réponse aux Observations de* M. PASCAL *sur la circulation superficielle* (²). Note de M. **P. NOAILLON**, présentée par M. J. Hadamard.

Comme M. Pascal le signale dans une Note récente (²), le résultat qu'il a démontré (³) est plus étendu que celui que je lui attribue au commencement

(¹) Voir *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 4ᵉ série, t. 3, 1887.

(²) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 746.

(³) *Giornale di matematiche di Battaglini*, vol. 59, 1921, p. 215, et *Atti dei Lincei*, 1ᵉʳ semestre 1921, p. 249.

de ma dernière Note [1]. Pour comprendre entièrement ce résultat, il faudra remplacer dans la deuxième ligne de ma Note les mots : « liquide primitivement au repos » par les mots : « liquide irrotationnel en repos à l'infini ». De la sorte on n'exclut pas le cas des potentiels de vitesse polydromes, qui sont légitimement compris dans la démonstration de M. Pascal.

Mais c'est bien ce résultat étendu, obtenu par M. Pascal, que complète ma Note sur la circulation superficielle [1].

En effet l'énoncé et la démonstration de mon théorème sur la circulation superficielle n'excluent pas le cas où le vecteur $\vec{v}$ dépend d'un potentiel non uniforme. Par exemple, le solide immergé peut avoir la forme d'une bague, la vitesse $\vec{v}$ du liquide étant égale au vecteur magnétique dû à un courant électrique constant, d'intensité i, circulant dans cette bague. La circulation *linéaire* le long d'un circuit fermé ne pénétrant pas dans la bague est alors, suivant la disposition du circuit, zéro ou $2\pi i$ ou un multiple de $2\pi i$; mais la circulation *superficielle* sur une surface fermée ne pénétrant pas dans la bague (par exemple sur la surface de la bague) est, je l'ai démontré, TOUJOURS NULLE.

Comme autre exemple, on peut citer un corps immergé formé de plusieurs bagues enchevêtrées comme les anneaux d'une chaîne ou d'une cotte de mailles, la vitesse $\vec{v}$ du liquide étant égale au vecteur magnétique dû à des courants électriques constants $i_1 i_2, \ldots$ qui circuleraient dans les bagues. Le potentiel des vitesses loin d'être uniforme, possède alors les périodes $2\pi i_1$, $2\pi i_2$, ... et pourtant ma démonstration prouve que la circulation *superficielle* est nulle sur toute surface fermée ne pénétrant pas dans les bagues, par exemple sur la surface même de l'une quelconque des bagues.

En abrégé, on peut dire : dans tous les cas où la circulation *superficielle* est indépendante de la surface, elle ne peut avoir d'autre valeur que zéro, contrairement à ce qui a lieu pour la circulation *linéaire*.

Il est vrai que M. Pascal croit avoir donné un exemple où, à l'encontre de ce que j'ai démontré, la circulation *superficielle*, et par suite la force sustentatrice ne seraient pas nulles. Mais cet exemple ne satisfait nullement aux conditions requises pour la légitimité du théorème de M. Pascal et du mien.

Dans cet exemple [2] (solide sphérique immergé dans un liquide s'éten-

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1057.

(2) *Giornale di mathematiche di Battaglini*, *Napoli*, vol. 59, 1921, p. 227, formule (20).

dant à l'infini avec mouvement gyratoire du liquide), la vitesse est infinie sur l'axe Oz; elle tend vers zéro quand P va à l'infini dans une direction non verticale, mais elle tend vers n'importe quel vecteur horizontal quand P va à l'infini dans une direction verticale.

Or, dès le début de la démonstration de son théorème sur la force sustentatrice, M. Pascal suppose (1) que le potentiel des vitesses est de la forme

$$\Phi = -V_0 x + f(x, y, z),$$

$f(x, y, z)$ étant une fonction harmonique, *régulière à l'extérieur du solide* et *régulière à l'infini*.

Ces deux dernières conditions sont loin d'être superflues. Elles sont nécessaires pour passer de l'expression de la résultante des pressions exercées sur le solide par le fluide donnée par le théorème d'Euler (2) à la formule élégante trouvée par M. Pascal : *produit vectoriel de la vitesse du fluide à l'infini pour la circulation superficielle calculée sur une surface fermée entourant le corps solide, le tout multiplié par la densité du fluide* (3).

La dernière condition est utilisée implicitement par M. Pascal quand il met à profit ce fait que le vecteur aux composantes $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}$ possède sur une sphère σ de rayon R une valeur qui tend vers zéro avec $\frac{1}{R}$ avec une rapidité suffisante pour que l'intégrale de son carré étendue à la sphère σ s'évanouisse avec $\frac{1}{R}$ (4).

L'avant-dernière condition est nécessaire ensuite pour que la circulation superficielle soit indépendante de la surface fermée qui enveloppe le corps, *ce qui est indispensable pour pouvoir revenir de la sphère σ de rayon très grand à la surface du corps.*

Dans l'exemple de M. Pascal, le potentiel total est

$$\Phi = \Phi_1 + \varphi = -V_0 x + f_1(x, y, z) + \varphi;$$

pour qu'il fût de la forme requise $-V_0 x + f(x, y, z)$, il faudrait que le potentiel partiel φ fût une fonction harmonique, *régulière à l'extérieur du*

(1) *Giornale*..., p. 230, formule (22).
(2) *Giornale*..., p. 231, formule (23).
(3) *Giornale*..., p. 232, formule (25).
(4) Voir à ce propos ma Note : *Fonction harmonique dont le gradient s'annule à l'infini* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 879).

solide (a) et *régulière à l'infini*. Ces deux dernières conditions ne sont pas remplies par la fonction φ $\left(\text{égale à arc cos } \frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}}\right)$.

Je ne saurais même, comme le fait l'auteur, donner un sens, pour cet exemple, à sa formule de la résultante des pressions, énoncée plus haut, puisque, ici, la vitesse du fluide à l'infini n'est pas unique.

Néanmoins, M. Pascal applique son théorème comme si la vitesse à l'infini était partout $-\vec{V}_0$ et il donne pour la résultante des pressions du fluide sur le solide (a) l'expression (¹)

$$F = 4\pi a \rho V_0.$$

Quant à la résultante elle est ici absolument indéterminée.

En effet, à la surface du solide (a), la vitesse $\vec{v}$ est infinie aux deux intersections avec l'axe Oz. Il en est de même, en ces deux pôles, de la pression qui est

$$p = H - \frac{1}{2} v^2,$$

H étant constante pour tout le liquide (on voit que dans cet exemple la pression est négative tout autour de l'axe Oz).

Pour que la résultante des pressions sur (a) ait un sens, il faut que la résultante calculée en supprimant, autour des deux pôles, deux petites calottes de rayons r_1 et r_2 tende vers une limite unique quand r_1 et r_2 tendent vers zéro indépendamment l'un de l'autre. Cela revient à dire que la résultante des pressions devrait être finie autour de chacun des deux pôles séparément. Il est bien facile de voir que cette condition n'est pas remplie, puisque la pression p devient aux pôles infinie comme $-\frac{1}{2}v^2$, c'est-à-dire de l'ordre de l'inverse du carré de la distance Oz.

RELATIVITÉ. — *Sur l'interprétation de l'expérience de Michelson.* Note de M. **André Metz**, présentée par M. Émile Borel.

M. Brylinski a donné, depuis la séance du 5 novembre 1923, plusieurs Communications au sujet de l'interprétation de l'expérience de Michelson, qui tendent à prouver que le calcul relatif à cette expérience, donné habi-

(¹) *Giornale*..., p. 232, formule (26).

tuellement (dans les hypothèses de l'ancienne mécanique) serait inexact; la « contraction » qui en résulterait ne serait plus celle donnée par Lorentz, c'est-à-dire

$$\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}},$$

mais aurait une valeur plus compliquée,

$$\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}-\frac{v^3}{c^3}-\ldots.}$$

En réalité il y a une faute de raisonnement dans les Communications de M. Brylinski.

Celui-ci suppose essentiellement, en effet, au début de sa démonstration, que la glace semi-transparente de l'expérience de Michelson est inclinée exactement à 45°, et il en déduit que l'onde réfléchie fait, « avec la direction qu'elle aurait si le plateau était au repos absolu », un angle α tel que $\tang\alpha = \beta\frac{1-\frac{\beta}{2}}{1-\beta}$, en posant $\beta = \frac{v}{c}$. Le calcul n'est pas explicité dans la Communication (t. 177, 1923, p. 874).

M. Brylinski, après avoir établi, en partant de là, les formules donnant les temps de trajet de la glace à l'écran dans les différentes positions, se croit autorisé à appliquer ces formules *dans l'hypothèse d'une contraction*, en affectant simplement d'un coefficient de contraction s les longueurs parallèles au sens du mouvement (t. 177, 1923, p. 1024).

Cette manière de faire est illégitime : M. Brylinski *néglige, en effet, l'application de la contraction en question à la glace elle-même.*

Cependant, s'il y a contraction, elle s'applique à la glace comme à tout le reste de l'appareil; or l'opérateur place la glace à 45° dans son propre système de référence (¹); donc la valeur de α change : on n'a plus

$$\tang\alpha = \beta\frac{1-\frac{\beta}{2}}{1-\beta}$$

mais

$$\tang\alpha = \frac{1}{2}\,\frac{s^2-(1-\beta)^2}{s(1-\beta)},$$

(¹) Et non dans l'éther supposé immobile, car alors la glace ne se trouverait plus à 45° après rotation de l'ensemble de l'appareil.

ce qui, pour $s^2 = 1 - \beta^2$ (valeur donnée par Lorentz), donne

$$\tang\alpha = \frac{\beta}{\sqrt{1-\beta^2}} \qquad \text{et} \qquad \cos\alpha = \sqrt{1-\beta^2}.$$

Le temps mis par l'onde pour aller du centre de la glace au miroir et à en revenir est bien alors, comme l'indique la théorie classique,

$$\frac{2l}{c\cos\alpha} = \frac{2l}{\sqrt{c^2 - v^2}}.$$

Pour éviter les calculs longs et délicats où s'est engagé M. Brylinski (et au milieu desquels peuvent se glisser des erreurs de raisonnement), il vaut mieux présenter la théorie de l'expérience de Michelson autrement; au lieu de dire : « La glace semi-transparente est inclinée à 45° sur la direction du faisceau lumineux initial », il vaut mieux dire : « La glace G est orientée de manière que le rayon lumineux réfléchi au centre de cette glace revienne au centre après s'être réfléchi sur le miroir M. » Cette orientation, ainsi définie, se trouve être rigoureusement à 45° si la contraction a bien la valeur $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ donnée par Lorentz et qui est imposée par l'expérience.

Mais il est encore bien préférable de considérer — et c'est, je crois, le point de vue actuel de M. Lorentz lui-même — la contraction des longueurs comme une conséquence de la théorie relativiste : tout le raisonnement et tout le calcul se trouvent alors éclairés et simplifiés; il est, en effet, *évident* sans aucun calcul que le principe de relativité rend compte du résultat négatif de l'expérience de Michelson; or les formules de transformation de coordonnées de la relativité conduisent à une *contraction* qui est bien dans le rapport $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La coordination des mouvements et la notion de temps*. Note de M. **J. Le Roux**, présentée par M. G. Kœnigs.

L'étude du mouvement d'un système entraîne nécessairement l'introduction d'une variable auxiliaire dont le rôle est analogue à celui du temps de la mécanique classique, indépendamment d'ailleurs de la signification physique qui pourrait lui être attribuée.

En partant de cette considération il est intéressant de montrer comment la notion ordinaire du temps se rattache au fait général de la gravitation.

La position d'un système est supposée définie par des paramètres $q_1, q_2, \ldots, q_n$. La mobilité du système est représentée analytiquement par la variation de ces paramètres. Dans les cas envisagés en mécanique (mouvements à un paramètre) la coordination est telle que, à une valeur déterminée de l'une des coordonnées, correspondent pour toutes les autres des valeurs également déterminées. Toutes les coordonnées sont des fonctions de l'une d'entre elles ou d'une autre variable arbitrairement choisie. Le lieu des positions du système est défini par l'expression des diverses coordonnées q_i en fonction de la variable indépendante que nous appellerons la variable de coordination.

Ces généralités s'appliqueraient même au cas où la correspondance ne serait pas simultanée, c'est-à-dire au cas où, à un point M_1, envisagé à l'époque t_1 correspondraient des points M_i envisagés chacun à une époque différente t_i.

Considérons en particulier le système solaire, ou même l'univers matériel, considéré comme un ensemble solidaire. Parmi les coordonnées de position que l'on peut prendre comme variables indépendantes pour exprimer toutes les autres on peut signaler l'angle horaire du Soleil vrai ou celui d'une étoile, rapportés à un méridien donné. Ces angles donnent précisément le temps solaire vrai ou le temps sidéral pour le méridien d'origine.

La représentation analytique du mouvement à l'aide de l'un ou l'autre de ces paramètres équivaut donc en fait à une définition du lieu des positions du système rapporté aux repères choisis.

Au point de vue général de la simple coordination des mouvements aucun choix spécial ne s'impose, ni pour les repères, ni pour la variable indépendante. Il n'en est plus de même quand on fait intervenir la considération des formes canoniques. Tous les géomètres connaissent l'importance des formes canoniques et leur liaison étroite avec la théorie des invariants. Rapporter une ellipse à ses axes ou calculer les invariants de son équation par rapport aux substitutions du groupe euclidien sont deux problèmes équivalents. Cette simple comparaison élémentaire nous rappelle qu'à une forme canonique correspond un système de référence privilégié.

Si l'on connaissait exactement les mouvements du système solaire rapporté à un système de référence donné, il serait possible de rechercher les substitutions donnant lieu à des formes canoniques. Mais ici la pratique a devancé la théorie. Le système de référence privilégié donnant lieu à la représentation canonique des mouvements est, approximativement, celui de Copernic. Rapporter les mouvements de la gravitation au système de

Copernic est, toute proportion gardée, un problème mathématique de même nature que celui qui consiste à rapporter une ellipse à ses axes.

Ayant ainsi fixé le système privilégié de référence pour les coordonnées de position, il reste à choisir la variable de coordination. Ici encore la pratique des observations a déterminé le choix de cette variable, qui est représentée très approximativement par le temps sidéral ou par toute autre variable qui s'en déduirait par une substitution linéaire. On se rend compte du caractère des formes et des variables canoniques en exprimant la seconde loi de Képler successivement à l'aide du temps sidéral et à l'aide du temps solaire vrai.

Mais, indépendamment de l'expérience directe, le principe de la moindre action, appliqué au système solaire, conduit à une définition théorique du temps canonique.

La position étant supposée rapportée au système de référence de Copernic, la trajectoire du système mobile s'obtient en cherchant les conditions de minimum d'une intégrale de la forme

$$\int \sqrt{(\mathrm{U}+h)\,\Sigma m\, ds^2}.$$

Les équations différentielles prennent la forme canonique de Lagrange à condition de choisir une variable indépendante t définie par la formule

$$dt = \sqrt{\frac{\Sigma m\, ds^2}{2(\mathrm{U}+h)}} \quad (^1).$$

Il appartient à l'expérience de confirmer que cette variable, définie par de simples considérations analytiques, coïncide avec le temps sidéral avec une approximation suffisante.

Dans ces conditions, la durée prend le caractère d'un invariant intégral du mouvement considéré.

La portée de ces considérations, au point de vue théorique, me paraît digne d'attention.

Elles montrent nettement comment la considération du système privilégié et le choix du temps canonique sont imposés par l'étude du phénomène général de la gravitation. Ce ne sont pas de prétendus concepts, *a priori*, des êtres de pure définition qu'on prétendrait créés à l'aide de mots vides de sens : ce sont des faits concrets que l'observation impose à notre examen.

(1) APPELL, *Traité de Mécanique*, 2e édition, t. 2, p. 425.

Dans la détermination du système de référence privilégié, la fixité de la direction des axes par rapport aux étoiles n'est sans doute pas l'effet d'un pur hasard. Elle paraît indiquer une connexion nécessaire, une contribution des astres, même les plus éloignés, à la création de notre champ de gravitation.

La théorie de Newton n'a pas la prétention d'être complète ni définitive. Ce n'est sans doute qu'un schéma, mais c'est un schéma admirable.

Fondée uniquement sur l'analyse et la comparaison des faits observés, elle admet tous les perfectionnements que peuvent suggérer des observations plus précises ou des calculs plus exacts.

Il ne semble pas cependant que ces perfectionnements puissent être recherchés dans la voie des théories d'Einstein, dont l'impuissance radicale ne saurait plus être contestée.

OPTIQUE. — *Sur la propagation de la lumière dans les milieux à structure périodique.* Note (¹) de M. **H. Chipart** (²), présentée par M. L. Lecornu.

Dans sa théorie de la double réfraction et de la polarisation rotatoire naturelle, Sarrau avait tenté de déduire, de considérations basées sur la structure périodique du milieu, l'égalité vectorielle

$$E = f_1\left(D, \frac{\partial D}{\partial x}, \frac{\partial D}{\partial y}, \frac{\partial D}{\partial z}\right).$$

A la même époque (1867-1868), Potier était en possession d'une méthode d'intégration qui donne des résultats plus complets. Je me propose d'établir que l'analyse de Potier fournit l'égalité vectorielle

$$P = f_2\left(E, \frac{\partial E}{\partial x}, \frac{\partial E}{\partial y}, \frac{\partial E}{\partial z}\right) \qquad (P \textit{ dérivant d'un potentiel}).$$

Supposons d'abord, avec Briot, Sarrau et Potier, qu'on ait affaire à un milieu isotrope à structure périodique. Les équations à intégrer sont

$$(1) \qquad \Delta E - \text{grad. div. } E = K \frac{\partial^2 E}{\partial t^2},$$

$$(2) \qquad \text{div. } (KE) = 0,$$

la constante diélectrique K étant fonction périodique de x, y, z.

(¹) Séance du 7 janvier 1924.

(²) Voir *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1213, et t. 178, 1924, p. 77.

Négligeant les termes de dispersion structurale, on reconnaît aisément que la solution du problème est

$$E_m e^{iQ} + \text{grad.}(\Phi e^{iQ}) \quad \text{avec} \quad Q = \frac{2\pi}{\tau}(n\alpha x + n\beta y + n\gamma z - t),$$

E_m désignant un vecteur constant et Φ une fonction périodique de x, y, z. Dans ce qui va suivre, E représentera dorénavant E_m.

Posant

$$\Theta = \alpha E_x + \beta E_y + \gamma E_z,$$

nous obtenons le système (1′), (2′) :

$$(1') \qquad n^2(E_x - \alpha\Theta) = K\left\{ E_x + e^{-iQ}\frac{\partial}{\partial x}(\Phi e^{iQ})\right\}, \qquad \ldots,$$

$$(2') \qquad \sum \frac{\partial}{\partial x}\left\{K\frac{\partial}{\partial x}(\Phi e^{iQ})\right\} + \sum E_x \frac{\partial}{\partial x}(K e^{iQ}) = 0.$$

Au degré d'approximation admis (2′) sera remplacé par (2″) :

$$(2'') \qquad \sum \frac{\partial}{\partial x}\left(K\frac{\partial\Phi}{\partial x}\right) + (E\nabla)K + \frac{2\pi n i}{\tau}\{K\Theta + (\nu\nabla)(K\Phi) + K(\nu\nabla)\Phi\} = 0,$$

équation dans laquelle les symboles $(E\nabla)$ et $(\nu\nabla)$ représentent les quotients différentiels

$$(E\nabla) = E_x\frac{\partial}{\partial x} + E_y\frac{\partial}{\partial y} + E_z\frac{\partial}{\partial z}, \qquad (\nu\nabla) = \alpha\frac{\partial}{\partial x} + \beta\frac{\partial}{\partial y} + \gamma\frac{\partial}{\partial z}.$$

Nous limitant aux deux premiers termes $\Phi_0 + \frac{2\pi n i}{\tau}\Phi_1$ du développement de Φ, nous tirons de (2″) les équations (3) et (4) que doivent vérifier Φ_0 et Φ_1 :

$$(3) \qquad \sum \frac{\partial}{\partial x}\left(K\frac{\partial\Phi_0}{\partial x}\right) + (E\nabla)K = 0,$$

$$(4) \qquad \sum \frac{\partial}{\partial x}\left(K\frac{\partial\Phi_1}{\partial x}\right) + (\nu\nabla)(K\Phi_0) + K(\nu\nabla)\Phi_0 + K\Theta = 0.$$

De (1′), nous concluons les équations (5) aux valeurs moyennes E_x, E_y, E_z :

$$(5) \qquad n^2(E_x - \alpha\Theta) = \left[K\left(E_x + \frac{\partial\Phi_0}{\partial x}\right)\right] + \frac{2\pi n i}{\tau}\left[K\left(\alpha\Phi_0 + \frac{\partial\Phi_1}{\partial x}\right)\right],$$

le symbole $[g]$ désignant la valeur moyenne de la fonction g dans la cellule élémentaire.

Conséquences. — 1° *Les équations aux valeurs moyennes* E_x, E_y, E_z *rentrent dans la classe des équations de M. Boussinesq.*

En effet les solutions (3) et (4) sont

$$(6)\qquad \Phi_0 = E_x\varphi'_0 + E_y\varphi''_0 + E_z\varphi'''_0, \qquad \Phi_1 = E_x\varphi'_1 + E_y\varphi''_1 + E_z\varphi'''_1;$$

les φ'_0, φ'_1, ... vérifiant les équations aux dérivées partielles

$$(7)\quad \sum \frac{\partial}{\partial x}\left(K\frac{\partial\varphi'_0}{\partial x}\right) + \frac{\partial K}{\partial x} = 0, \qquad \sum \frac{\partial}{\partial x}\left(K\frac{\partial\varphi'_1}{\partial x}\right) + (\nu.\nabla)(K\varphi'_0) + K\alpha = 0.$$

Par application de (6) les équations (5) s'écrivent

$$(5')\quad n^2(E_x - \alpha\Theta) = K_{11}E_x + K_{12}E_y + K_{13}E_z + \frac{2\pi n i}{\tau}(H_{11}E_x + H_{12}E_y + H_{13}E_z),$$

avec

$$K_{11} = \left[K\left(1 + \frac{\partial\varphi'_0}{\partial x}\right)\right], \qquad K_{12} = \left[K\frac{\partial\varphi''_0}{\partial x}\right], \qquad K_{21} = \left[K\frac{\partial\varphi'_0}{\partial y}\right],$$

$$H_{11} = \left[K\left(\alpha\varphi'_0 + \frac{\partial\varphi'_1}{\partial x}\right)\right], \qquad H_{12} = \left[K\left(\alpha\varphi''_0 + \frac{\partial\varphi''_1}{\partial x}\right)\right], \qquad H_{21} = \left[K\left(\beta\varphi'_0 + \frac{\partial\varphi'_1}{\partial y}\right)\right].$$

D'après (7) les K_{ij} sont des constantes tandis que les H_{ij} sont fonctions linéaires de α, β, γ.

2° *Les équations aux valeurs moyennes satisfont à la notion de potentiel.* En d'autres termes le déterminant des K_{ij} est symétrique et celui des H_{ij} est symétrique gauche.

Cette importante propriété est la conséquence des formules de Potier (*Œuvres*, p. 250 à 256). Par exemple la relation $H_{12} + H_{21} = 0$ résulte des deux égalités (8) :

$$(8)\quad \begin{cases} \left[K\dfrac{\partial\varphi''_1}{\partial x}\right] + [\varphi'_0 \mid K\beta + (\nu.\nabla)(K\varphi''_0) + K(\nu.\nabla)\varphi''_0 \mid] = 0, \\ \left[K\dfrac{\partial\varphi'_1}{\partial y}\right] + [\varphi''_0 \mid K\alpha + (\nu.\nabla)(K\varphi'_0) + K(\nu.\nabla)\varphi'_0 \mid] = 0, \end{cases}$$

qu'on obtient en intégrant par parties et utilisant les équations (7). Faisant la somme des deux égalités (8) on a

$$H_{12} + H_{21} = -2[(\nu.\nabla)(K\varphi'_0\varphi''_0)] = 0.$$

Remarque. — La méthode d'intégration de Potier s'applique aux milieux anisotropes à structure périodique. Pour de tels milieux on a les équations

$$\Delta E - \text{grad.div.}E = \frac{\partial^2 D}{\partial t^2}, \qquad \text{div.}D = 0, \qquad D_x = k_{11}E_x + k_{12}E_y + k_{13}E_z, \qquad \ldots,$$

les $k_{ij}(=k_{ji})$ étant fonctions périodiques de x, y, z. On aboutit encore aux équations (5′) avec $K_{ij} = K_{ji}$, $H_{ij} + H_{ji} = 0$; abstraction faite de la dispersion, l'activité optique d'origine structurale obéit donc aux mêmes lois que l'activité optique d'origine atomique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un procédé de détermination des micromiscibilités.* Note de MM. N. **Perrakis** et A. **Massol**, présentée par M. Haller.

L'un de nous a abordé la détermination préliminaire de la miscibilité des mélanges d'eau, d'alcool et d'essence en vue d'entreprendre l'étude expérimentale du problème de la déshydratation de l'alcool selon les directives indiquées par M. L. Gay, dans sa Communication au dernier Congrès de Chimie industrielle. Nous avons ainsi été amenés à déterminer au moyen de la méthode du point de louche (1) la miscibilité de mélanges d'alcool éthylique d'essence et d'eau, l'un ou l'autre de ces deux derniers constituants étant en très faibles proportions.

On opère à 20° de la façon suivante : on dispose, comme thermostat, d'un cristallisoir de capacité suffisante rempli d'eau renouvelable, dont un thermomètre ordinaire donne la température; on place dans ce thermostat un gobelet qui renferme le mélange à étudier, dont la température est donnée par un thermomètre au $\frac{1}{10}$, qui sert d'agitateur.

Miscibilité de l'essence dans les mélanges d'eau et d'alcool (2). — On prend un poids donné d'alcool dans lequel on introduit une ou plusieurs gouttes d'essence, une nouvelle pesée de l'échantillon donne le poids de l'essence introduite; ensuite, au moyen d'une burette munie d'un tube effilé, on verse de l'eau goutte à goutte jusqu'à louche; une dernière pesée indique le poids total du mélange et, par suite, la quantité d'eau ajoutée. Les résultats expérimentaux sont les suivants :

Poids			Pour 100	
d'alcool.	d'essence.	du mélange alcool+essence+eau.	d'alcool.	d'essence.
g	g	g		
50,900	0,0075	209,000	24,30	0,0036
22,401	0,0075	70,537	31,75	0,0106
11,235	0,0075	32,509	34,56	0,0230
11,307	0,0150	28,413	39,76	0,0530
11,286	0,0226	25,181	44,82	0,0890
18,722	0,0452	40,231	46,53	0,1120
11,268	0,0602	20,975	55,52	0,2810
11,181	0,1580	17,422	64,17	0,9070
11,310	0,2250	15,851	71,35	1,4190
11,144	0,4090	15,211	73,26	3,6480
15,843	1,0020	21,318	74,31	4,7000

(1) N. Perrakis, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 879.

(2) L'essence employée est une essence poids lourd de densité 0,747, à 20°.

Au delà de 75 pour 100 d'alcool, la méthode n'est plus applicable : l'eau ajoutée tombe au fond du récipient en produisant un louche qui disparaît par agitation; puis une addition suffisante d'eau amène l'apparition de gouttelettes, sans qu'on puisse saisir nettement le moment précis où les phases se séparent.

Miscibilité de l'essence dans les mélanges d'eau et d'alcool. — On opère de la même façon que précédemment : on prend un poids donné d'alcool dans lequel on introduit une ou plusieurs gouttes d'eau et l'on y ajoute de l'essence à l'aide de la burette; trois pesées successives déterminent les poids d'alcool, d'eau et d'essence contenus dans le mélange. Les résultats expérimentaux sont consignés dans le Tableau suivant :

Poids			Pour 100	
d'alcool.	d'eau.	du mélange.	d'alcool.	d'eau.
5,243 g	0,107 g	163,000 g	3,21	0,065
10,115	0,190	88,800	11,39	0,210
10,346	0,251	43,000	24,06	0,580
13,161	0,690	24,086	54,63	2,860
11,172	0,826	16,606	67,27	4,970

Ici la limite d'application de la méthode est située vers 70 pour 100 d'alcool; au delà, l'essence plus légère que le mélange et se dissolvant très lentement s'évapore en partie, cela fausse entièrement les résultats, la portion qui se dissout n'ayant pas la même composition que l'essence initiale.

Néanmoins, la précision de la méthode est grande puisqu'on arrive à déterminer des micromiscibilités de l'ordre du $\frac{3}{100000}$ (3^{mg} pour 100^{g}), ce qui serait totalement impossible à réaliser si l'on avait recours à la méthode classique (points de louche par variation de la température, la composition restant constante).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'éthérification du cyclohexanol et de quelques-uns de ses homologues.* Note (¹) de Mlle **Germaine Cauquil**, présentée par M. Haller.

J'ai étudié, à la température de 95°, l'éthérification par l'acide acétique, du cyclohexanol et de quelques-uns de ses dérivés substitués.

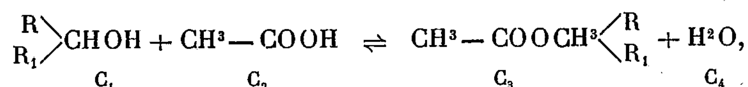
J'ai soumis à l'expérience les systèmes : 1° cyclohexanol-acide acétique; 2° orthométhylcyclohexanol-acide acétique; 3° diméthyl-1.3.4-cyclohexanol-acide acétique, pour des mélanges équimoléculaires d'abord.

La limite a été à peu près atteinte après 110 heures. Elle est égale en moyenne pour le cyclohexanol à 55,64 pour 100; ce chiffre est inférieur aux valeurs qui ont été données pour les alcools gras secondaires, lesquelles

(¹) Séance du 7 janvier 1924.

sont comprises entre 58 et 63 pour 100. Pour l'orthométhylcyclohexanol et le diméthyl-1.3.4-cyclohexanol, les limites sont respectivement 49,85 et 47,5 pour 100. La substitution de H par un $(-CH^3)$ a donc provoqué un abaissement de la limite.

L'équation chimique représentant l'éthérification étant la suivante :



$$\underset{C_1}{\overset{R}{\underset{R_1}{>}}CHOH} + \underset{C_2}{CH^3-COOH} \rightleftharpoons \underset{C_3}{CH^3-COOCH^3{<}^{R}_{R_1}} + \underset{C_4}{H^2O},$$

le système est en équilibre quand les vitesses des deux réactions inverses, éthérification et saponification, sont égales.

Alors

$$\frac{C_{1t}\,C_{2t}}{C_{3t}\,C_{4t}} = \frac{k_2}{k_1} = K.$$

J'ai pris le cas où initialement $C_1 = C_2 = 1$, $C_3 = C_4 = 0$; et x étant la fraction de molécule d'alcool ou d'acide éthérifié au temps t, il vient

$$2tk_1\sqrt{K} = \log_e \frac{1 - x(1 - \sqrt{K})}{1 - x(1 + \sqrt{K})}.$$

Des valeurs expérimentales de x j'en ai déduit pour le cyclohexanol $K = 0,635$, pour l'orthométhylcyclohexanol $K = 1,012$, pour le dyméthyl-1.3.4-cyclohexanol $K = 1,221$.

J'ai ensuite calculé k_1 *pour le cyclohexanol :*

Temps.	Acide °/₀ éthérifié $= x$.	k_1.
7 heures	17,78	0,029
31 »	38,37	0,022
46 »	46,13	0,0224
55 »	48,22	0,022
70 »	52,16	0,0233
79 »	53	0,023

D'où je déduis k_1 moyen $= 0,0225$, $k_2 = 0,0142$.

Pour l'orthométhylcyclohexanol :

Temps.	Acide °/₀ éthérifié $= x$.	k_1.
7 heures	14,72	0,013
31 »	28,28	0,0133
55 »	37,7	0,0127
70 »	43,15	0,0141
79 »	43,26	0,0140
103 »	47,5	0,0142

D'où k_1 moyen = 0,0135, k_2 = 0,0136.

Pour le diméthyl-1.3.4-cyclohexanol :

Temps.	Acide % éthérifié = x.	k_1.
7 heures	11,77	0,019
22 »	22,75	0,0138
40 »	32,23	0,0130
60 ½ »	38,11	0,0124
71 »	41,30	0,0131
93 »	45,64	0,0131

Donc k_1 moyen = 0,0131, k_2 = 0,016.

J'ai ensuite cherché à déterminer l'influence de la concentration moléculaire en alcool sur la limite d'éthérification, la concentration moléculaire en acide acétique étant toujours prise égale à l'unité. Si je désigne par a le nombre de molécules d'alcool réagissantes, l'équation d'équilibre prend la forme

$$\frac{(1-x)(a-x)}{x^2} = \frac{k_2}{k_1} = \text{K}.$$

J'ai pu ainsi déterminer les valeurs théoriques de x et les comparer aux valeurs expérimentales trouvées. Pour le cyclohexanol, j'ai obtenu les résultats suivants :

Concentrations moléculaires initiales.		Limites	
Alcool.	Acide.	calculée.	observée.
0,05	1	0,38	0,39
1	1	0,55	0,55
2	1	0,68	0,66

Ces résultats sont tels que le faisait prévoir la loi du déplacement de l'équilibre.

En les mettant en parallèle avec ceux obtenus par Menschutkin [1] pour les alcools secondaires qui peuvent être regardés comme correspondant aux alcools cyclaniques ici étudiés, on voit une similitude d'allure dans les deux séries. Ainsi nous avons :

	Limite.
Le diméthylcarbinol	60,52
L'éthylméthylcarbinol	59,28
Le diéthylcarbinol	58,66

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. 20, 1880.

Ces trois alcools, comparés :

Au cyclohexanol	55,6
A l'orthométhylcyclohexanol	49,8
Au diméthyl-1.3.4-cyclohexanol	47,5

indiquent un abaissement de la limite au fur et à mesure qu'on substitue à un (— H) un groupement (— CH^3).

Dans les cas étudiés par nous, il semble du reste que l'introduction d'un ou plusieurs radicaux (— CH^3) dans une molécule a une influence plus grande dans cette série cyclanique que dans celle des alcools gras secondaires.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le pouvoir de transformation spontanée de l'iodure mercurique jaune.* Note de M. **A. Damiens**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

De nombreuses études ont été faites jusqu'ici sur la germination spontanée des liquides surfondus, particulièrement par Tammann (¹), Lenhardt (²), Marcelin (³), etc.; on a constaté que les germes ont d'autant plus de tendance à se former que la température s'éloigne davantage du point de fusion, mais seulement jusqu'à une certaine limite, au delà de laquelle cette tendance diminue progressivement. La courbe exprimant le nombre de germes formés en fonction de la température présente donc un maximum, et son allure serait par conséquent comparable à celle qui exprime la vitesse de cristallisation ou d'accroissement des germes en fonction de la température.

En ce qui concerne la transformation des espèces cristallines en surfusion cristalline, les recherches bien connues de Gernez (⁴) sur le soufre, celles de Tammann (⁵) sur des substances variées, celles de Cohen (⁶) sur l'étain quadratique, etc., ont démontré de même que la courbe des vitesses de transformation de la variété en surfusion cristalline présente un maximum,

(¹) Tammann, *Krist. u. Schm.*, 1903, p. 148.
(²) Lenhardt, *Thèse*, Paris, 1908.
(³) Marcelin, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 631.
(⁴) Gernez, *Comptes rendus*, t. 100, 1885, p. 1343, 1382.
(⁵) Tammann, *Krist. u. Schm.*, 1903, p. 146.
(⁶) Cohen, *Z. ph. Ch.*, t. 30, 1899, p. 601 ; t. 33, 1900, p. 57 ; t. 35, 1900, p. 588 ; t. 36, 1901, p. 513 ; t. 48, 1904, p. 243 ; t. 50, 1904, p. 225

et c'est sur ces données expérimentales précises qu'a pu être posée la notion de métastabilité.

Il ne semble pas que les auteurs se soient préoccupés dans ce dernier cas d'étudier la loi de formation des germes. Une telle étude est d'ailleurs le plus souvent très difficile en raison de la coloration identique présentée par les deux variétés, ce qui ne permet pas de distinguer des germes de l'une dans la masse de l'autre. Dans le cas des liquides surfondus, au contraire, l'expérience a pu être faite, parce qu'il est relativement aisé de dénombrer des particules solides dans un milieu liquide.

L'iodure mercurique se prête cependant à des déterminations en raison des colorations, jaune et rouge, très différentes, de ses deux espèces. Nous avons été conduit à son étude par les recherches faites et rapportées antérieurement [1] pour vérifier une application faite à ce corps de la théorie de l'allotropie dynamique de M. Smits. Les faits que nous allons exposer complètent d'ailleurs nos premières conclusions.

Nous avons constaté dans la précédente Note que la grosseur des cristaux d'iodure mercurique jaune avait une influence considérable sur la rapidité de leur transformation en la variété rouge, en dessous du point de transformation. Si les grains sont extrêmement petits, le phénomène est extrêmement lent. Il était donc nécessaire dans la présente recherche d'opérer avec des cristaux volumineux pour pouvoir faire des mesures dans des temps relativement courts. Nous avons utilisé une table cristalline d'iodure mercurique rouge obtenue par sublimation lente; ses faces avaient pour dimensions 13^{mm} sur 6^{mm} environ, soit une surface de $0^{cm^2},78$. Deux autres tables comparables ont été aussi mises en jeu, ayant pour surfaces respectives $0^{cm^2},63$ et $0^{cm^2},69$. Le cristal fut disposé dans un tube de quartz transparent. Le point de transformation étant 127°, on a maintenu le tube plusieurs minutes dans un bain de glycérine à 155°, où le cristal devient rapidement jaune, puis on l'a trempé dans un bain d'eau porté à des températures variées. On a déterminé le temps écoulé avant l'apparition du premier point rouge, et l'on a compté le nombre de germes distincts sur une face, trois secondes plus tard. Ce dernier chiffre a été exprimé par centimètre carré.

Voici les résultats obtenus entre 40° et 100° :

---

(1) A. Damiens, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 816.

TABLEAU I.

Température de trempe.	Temps pour apparition de la phase rouge en secondes.	Nombre de germes observés.	Nombre de germes par cm².
40°-41°	7	28	36
50-51	6,5	18	25
59-60	6	14	18
67-68	5,4	12	15
76-77	9	8	10
86-87	9,2	4	5
100	9	3	4

Les chiffres donnés sont des moyennes de plusieurs essais faits dans les mêmes conditions. On voit que, dans les limites de l'expérience, le nombre des germes qui apparaissent s'accroît quand la température s'abaisse.

En dessous de 40°, le nombre des germes formés est trop élevé pour qu'une mesure soit possible par la méthode simple de numération que nous employions.

Par trempe à —23°, la phase rouge apparaît en de nombreux points à la fois après environ 15 secondes. L'accroissement est très lent. Après 30 secondes, le nombre des germes rouges visibles est extrêmement élevé.

Lorsque l'on trempe l'iodure jaune de 155° à — 80°, où il reste jaune et homogène, et qu'on le réchauffe rapidement en portant le tube de — 80° à l'une des températures du tableau (de 40° à 100°), ou à la température ordinaire (20°) on constate dans tous les cas que les points rouges apparaissent instantanément et en nombre extrêmement élevé. Il s'ensuit que la transformation du cristal jaune en cristal rouge est terminée presque immédiatement, les germes à partir desquels évolue la transformation étant très nombreux et très rapprochés les uns des autres.

En trempant à la température de l'air liquide, les résultats sont du même ordre, mais la transformation après réchauffement est encore plus rapide.

En conclusion, dans le cas de l'iodure mercurique, la loi qui régit la formation des germes rouges à l'intérieur des cristaux jaunes en surfusion cristalline est donc tout à fait différente de leur loi d'accroissement. La température s'abaissant, le nombre des germes augmente régulièrement.

D'autre part, la trempe ne laisse pas le cristal dans l'état où il était à la température d'origine.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'évolution de la molécule d'hydroxyde cuivrique au sein de l'eau.* Note de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

La plupart des hydroxydes des métaux lourds se déshydratent au sein de l'eau, lorsqu'ils se présentent sous forme de précipités colloïdaux. J'ai montré précédemment (¹), dans le cas des hydroxydes ferrique et chromique, que le phénomène ne devait pas être considéré uniquement comme une déshydratation. Au cours des transformations, le magnétisme moléculaire subit en effet des modifications, accusant des changements de constitution plus profonds qu'une perte d'eau, simplement juxtaposée à une molécule d'oxyde anhydre, elle-même invariable.

Il était intéressant de rechercher si, en dehors de la famille des éléments trivalents dont le fer, à l'état ferrique, est le prototype, on rencontrerait des phénomènes analogues. J'ai étudié dans ce but l'hydroxyde cuivrique précipité à froid par la soude, soit à partir du chlorure, soit à partir du sulfate, soit à partir du nitrate. L'hydroxyde fraîchement préparé dans ces conditions, puis séché sur l'acide sulfurique après les lavages nécessaires, possède des propriétés magnétiques sensiblement constantes. Mais si, les lavages terminés, on fait bouillir l'eau dans laquelle l'hydroxyde se trouve en suspension, cet hydroxyde manifeste le changement de couleur bien connu, attribué jusqu'ici à une simple perte d'eau. Or j'ai constaté que le coefficient moléculaire d'aimantation diminue nettement au cours de cette déshydratation. D'autre part l'oxyde CuO, obtenu par calcination de l'hydroxyde bleu, présente toujours aussi un magnétisme moléculaire inférieur à celui de l'hydrate bleu lui-même; alors que l'oxyde anhydre, obtenu par calcination de l'hydroxyde brun, conserve approximativement le magnétisme moléculaire de cet hydroxyde brun.

Le Tableau suivant donne les moyennes des résultats d'un certain nombre d'expériences réalisées à partir des trois sels cuivriques mentionnés plus haut. Les coefficients d'aimantation, rapportés au cuivre, sont exprimés en valeurs relatives, celui de l'hydroxyde bleu étant pris comme unité.

(¹) S. Veil, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 101; t. 176, 1923, p. 1304.

TABLEAU.

Coefficients d'aimantation (rapportés au cuivre) en valeurs relatives.

	Chlorure.	Sulfate.	Nitrate.
Hydroxyde bleu	1	1	1
Oxyde de l'hydroxyde bleu	0,34	0,38	0,36
Hydroxyde brun	0,29	0,29	0,30
Oxyde de l'hydroxyde brun	0,30	0,27	0,32

Au point de vue de son comportement au sein de l'eau, l'hydroxyde cuivrique offre donc une certaine analogie avec les hydroxydes ferrique et chromique. Cependant, tandis que les propriétés magnétiques de ces dernières substances dépendent, en dépit de dissolutions dans les acides, des traitements antérieurs subis, rien de tel ne semble se produire avec l'hydroxyde cuivrique; à moins que ces influences ne se traduisent par des variations que je ne pouvais observer, en égard au degré de précision de mes mesures.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur deux tentatives de remplacement de la théorie des ions par une théorie basée sur l'état moléculaire de l'eau.* Note de M. V. **Auger**, présentée par M. A. Béhal.

Il n'y a pas lieu de défendre ici la théorie des ions, car aucune des deux Notes auxquelles nous faisons allusion, ne l'attaque sur un point particulier : en effet M. Armstrong [1] dit simplement qu'il le trouve irrationnelle et en désaccord avec les faits, et MM. Kling et Lassieur [2] pensent qu'elle est moins adaptée à la mentalité des chimistes que celle qu'ils présentent.

La première de ces théories est basée sur deux propositions également hypothétiques et arbitraires : 1° L'eau serait un mélange en équilibre mobile, de polyhydrones variées $(H^2O)^n$ avec $n = 4, 5, 6$, dont l'auteur donne la formule de constitution. Le terme le plus simple, l'hydrone H^2O, serait la partie volatile de l'eau ; elle se combinerait à elle-même en formant un composé oxonium, l'hydronol $H^3 \vdots O.OH$. 2° Quand une substance se dissout dans l'eau, elle fixe des molécules d'hydrone ; les non-électrolytes s'y

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1892.

(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 109 ; *Chimie et Industrie*, t. 10, juillet et août.

unissent molécule à molécule, et les électrolytes fixent une proportion plus considérable d'hydrone, suivant la valence et le caractère de leurs constituants.

La première de ces propositions correspond à l'équilibre $(H^2O)^n \rightleftharpoons n\,H^2O$ puisque la tension de la vapeur d'eau reste constante à la même température quelle que soit la quantité de vapeur qu'on lui enlève. L'auteur considère, comme conséquence forcée de sa seconde proposition, qu'une substance dissoute dans l'eau provoque, par fixation de molécules d'hydrone, un abaissement de tension de vapeur et l'établissement, dans le liquide, d'une pression négative.

Il est difficile d'admettre cette conséquence : en effet, la fixation de molécules d'hydrone est un phénomène du même ordre que celui de leur enlèvement par évaporation; il doit donc se reformer aussitôt de nouvelles molécules de H^2O aux dépens de $(H^2O)^n$ avec établissement de l'équilibre primitif. Pour qu'il s'établisse un nouvel état d'équilibre, il faudrait qu'il se développât une force antagoniste empêchant la reformation d'hydrone; or il n'apparaît rien de tel dans les explications de l'auteur. C'est encore moins net en ce qui concerne l'action des électrolytes : si l'on accepte l'ébauche d'interprétation fournie pour le cas de ClH, elle ne porte que sur le cas spécial de cet acide et ne présente aucun caractère d'application générale. Ce qu'il faudrait, c'est la preuve de l'apparition nécessaire, inévitable, d'une force contre-hydronisante, déplaçant l'équilibre, et d'une grandeur variable, suivant les électrolytes. Toutes les autres conclusions de l'auteur dérivant de sa seconde proposition, il est inutile de les discuter.

MM. Kling et Lassieur basent leur théorie hydrolytique sur les hypothèses suivantes : 1° L'eau $(H^2O)^n$ est en équilibre avec des molécules simples, et la molécule dimère $(H^2O)^2$ se dissocie en deux monomères suivants : $(H^2O)^2 \rightleftharpoons H^2:O + H - OH$). Ces deux monomères sont tautomères et de propriétés opposées : $H^2:O$ est une base, $H - OH$ un acide. L'équilibre est porté presque entièrement dans le sens $\leftarrow$, de sorte que l'eau pure ne contient que peu des formes monomères qu'on pourra doter de la propriété de conduire le courant électrique. 2° Lorsqu'on dissout un acide, une base ou un sel dans l'eau, la première se combine avec $H^2:O$, en formant un sel, et libérant ainsi un excès de $H - OH$; le second, par un phénomène inverse, libère un excès de $H^2:O$, et enfin le sel, qui par hydrolyse se scinde en $M^2:O$ et $A.OH$ s'unit ainsi à la fois à $H^2:O$ et à $H - OH$ en maintenant la neutralité du système dans le cas où l'acide et la base du sel sont de force égale.

Contentons-nous, faute de place, d'examiner les singuliers tautomères dont les auteurs nous proposent d'admettre l'existence.

Qui dit tautomères dit : 1° composés de même formule mais de structure différente, et 2° composés transformables l'un dans l'autre, dans des conditions déterminées. Or les auteurs ne nous donnent aucun détail sur la différence de structure des deux formes de l'hydrol H^2O, et leurs formules $H^2 : O$ et $H - OH$ ne nous fournissent aucun renseignement. Ce qui est beaucoup plus grave, c'est que, d'après leurs explications, on est forcé d'admettre que leurs « tautomères » ne sont pas réversibles : en effet, si cela était, il n'y aurait pas accumulation de l'une des formes dans les solutions pour provoquer la réaction acide ou alcaline, car la réaction réversible $H^2 : O \rightleftharpoons H - OH$ rétablirait l'équilibre. Nous ne pensons pas qu'aucun chimiste puisse admettre *a priori* que des formes si voisines qu'elles paraissent identiques, ne puissent s'équilibrer aussitôt.

En dernier lieu, les auteurs admettent comme possible de fournir la définition des P_H par la concentration de la forme $H - OH$ au lieu de celle de l'ion H^+ et considèrent comme légitime l'application de la formule de Nernst relative à l'établissement d'une force électromotrice dans les piles de concentration ; nous ne voyons pas comment un phénomène de ce genre pourrait se produire en tenant seulement compte de l'hypothèse émise par eux : la conductibilité électrique des formes $H^2 : O$ et $H - OH$.

Nous terminerons par une dernière critique, d'ordre plus général. Une théorie n'offre d'intérêt que si le domaine explicatif qu'elle comporte est plus vaste que celui de la théorie qu'elle se propose de remplacer : nous observons ici tout le contraire. On nous présente des constructions arbitraires qui ne nous permettent aucune déduction relative aux problèmes nombreux et variés relatifs aux phénomènes électriques : conductibilité, différence de potentiel, électrolyse, etc. C'est insuffisant pour remplacer une théorie qui, malgré ses lacunes et ses obscurités sur bien des points, a néanmoins, pendant ces 35 dernières années, inspiré aux chimistes et aux physiciens des travaux innombrables, et se relie sans effort à cette théorie électrique généralisée qui est en voie de réunir dans une même discipline tous les phénomènes de l'Univers.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur les protéides du lacto-sérum. Leur séparation par la méthode à l'acétone.* Note de M. **Maurice Piettre**, présentée par M. Lindet.

La séparation des protéides du lait : caséine, lactoglobuline, lactalbumine, est basée sur la méthode classique des précipitations salines massives, légèrement modifiée suivant que l'on veut obtenir plus spécialement l'une d'elles.

Nous proposons d'appliquer à la séparation des protéides solubles du lacto-sérum la méthode à l'acétone instituée par A. Vila [1] et nous-même pour le traitement analytique du sérum ou du plasma sanguin.

I. Pour cela il convient tout d'abord de se débarrasser de la caséine en la précipitant en fins grumeaux, ce qui facilite l'obtention rapide du lacto-sérum et même le lavage de la caséine précipitée.

Au lieu de laisser le lait se coaguler lentement, comme il est d'usage, on effectue la coagulation en agitant très vivement le liquide maintenu aux environs de 35° pendant qu'on ajoute goutte à goutte une solution assez concentrée de présure commerciale. En quelques minutes, suivant la force de la diastase, le lait se trouble; on voit apparaître de fins grumeaux de caséine et se séparer le lacto-sérum. On filtre sur trompe, en écrasant, à la fin de l'opération, les grumeaux de caséine qui tendent à s'agglomérer. Un litre de lait donne en moyenne 925^{cm^3} de sérum, contenant une protéine susceptible de s'insolubiliser dans l'eau et la lactalbumine qu'il s'agit de séparer.

II. Pour réaliser cette séparation on commence par neutraliser la très faible alcalinité que possède le lacto-sérum vis-à-vis du tournesol sensible, marque Gallois. Il faut environ $0^{cm^3},45$ de $HCl\ \frac{N}{100}$ par centimètre cube, mais l'expérience montre qu'on doit atteindre une légère acidité en vue des opérations ultérieures. On ajoute donc au sérum, en $HCl\ \frac{N}{10}$ ou $\frac{N}{1}$, la quantité d'acide correspondant à $0^{cm^3},7$ de $HCl\ \frac{N}{100}$ par centimètre cube (dans nos essais $0^{cm^3},706$ permettaient la séparation presque parfaite des

(1) Piettre et Vila, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1466. — Piettre, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 91.

deux protéides) et l'on épuise avec soin à l'éther, en évitant une trop forte émulsion.

Le liquide décanté, parfaitement clair, est alors précipité aux environs de 0° à l'aide d'acétone également refroidie (1^{vol} à $1^{vol},35$ d'acétone), et après quelques instants de repos filtré sur trompe avec les précautions d'usage pour retenir les gros flocons peu consistants des protéides. Bien égoutté le filtrat est seulement lavé à l'éther sec à une ou deux reprises. On le détache à l'aide d'un scalpel en mouillant le filtre, puis on le met dans une capsule en présence d'un volume d'eau distillée correspondant environ au $\frac{1}{10}$ du volume de sérum engagé. Après 12 heures de contact on écrase avec soin les grumeaux qui persistent, rend le mélange bien homogène, fait un volume exact et détermine sur de petits essais ($0^{cm^3},5$ étendu à 1^{cm^3} avec de l'eau distillée) la très petite quantité de HCl $\frac{N}{100}$ provoquant la meilleure précipitation de la protéine insoluble. Avant d'ajouter à l'ensemble de la liqueur trouble l'acide $\frac{N}{10}$ ainsi calculé, on la sature à froid d'éther. On laisse reposer au froid et centrifuge.

Si, comme il a été dit plus haut, on a ajouté du premier coup $0^{cm^3},706$ de HCl $\frac{N}{100}$ par centimètre cube de lacto-sérum, cette dernière manipulation un peu longue se trouve évitée. Il suffit de rendre homogène le mélange bien refroidi en l'agitant vigoureusement avec de l'éther (1).

La centrifugation sépare un très beau liquide, parfaitement limpide, de teinte blonde (albumine en solution) et un culot blanchâtre (protéine insoluble) qui peut être lavé, une ou deux fois avec de l'eau saturée à froid d'éther, par centrifugation.

III. La matière floconneuse blanche se rapproche des globulines par ses caractères physiques et ses réactions chimiques, cependant, comme la caséine, elle contient toujours des substances minérales (pour 100 de cendres nous avons eu 66,68 de CaO et 29,70 de P^2O^5).

Son faible pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -31°12'$ en solution aqueuse sodique

(1) L'emploi de l'éther est extrêmement précieux, comme nous l'avons déjà indiqué, dans la manipulation des liquides contenant des substances minérales ou organiques à grosse molécule, en solution ou dispersées sous la forme micellaire. En milieu renfermant des ions hydrogène il représente le meilleur moyen (bien plus rapide notamment que la dialyse) de rompre certains équilibres instables et de précipiter les matières en suspension que la centrifugation achèvera de séparer.

semble la différencier de la caséine $[\alpha]_D = -116°$ (Lindet et L. Ammann).

La teneur du lait en cette protéine oscille autour de $2^g,3$ par litre.

La *lactalbumine* est purifiée par précipitation globale ou fractionnée à l'aide d'alcool. Dans le premier cas, on ajoute $\frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{2}$, suivant la concentration, de son volume d'alcool à 96°, laisse déposer au froid, centrifuge, reprend par l'eau distillée et filtre. Dans le second, on ajoute la même proportion d'alcool mais en 4 à 5 fois et en refroidissant énergiquement dans un mélange glace et sel avant chaque centrifugation. Les trois premiers précipités isolent en général la lactalbumine à l'état d'une belle matière sirupeuse blonde très semblable à la sérumalbumine purifiée.

La coagulation se produit très nettement entre 67° et 70°, mais se prolonge jusqu'à 76° et 78°.

Pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -41°,23$.

Rendement par litre de lait : 3,20 en moyenne.

Les eaux mères alcooliques abandonnées à elles-mêmes laissent lentement déposer des croûtes mamelonnées, blanches, cristallisées de citrate de chaux contenant 26,6 pour 100 de calcium.

Comme dans le traitement du sérum sanguin, la liqueur acétonique peut être traitée, aprés récupération de l'acétone, pour le dosage ou la séparation des autres constituants du lait : lactose, acides amidés, sels, etc.

Nous avons seulement cherché à isoler les lipoïdes restés en suspension dans le lacto-sérum; par épuisement éthéré, sur légère acidité, on en isole environ 0,086 pour 100 de lait, contenant 0,980 pour 100 de P.

Conclusion. — De même que pour le sérum sanguin et le blanc d'œuf, la méthode à l'acétone permet, sans sacrifier aucun des éléments du lait, de séparer analytiquement les protéides du lacto-sérum.

La lactalbumine, troisième exemple d'albumine obtenue pure par une technique sûre, est caractérisée par les propriétés physiques de ses solutions et à l'état solide par son aspect si particulier de matière sirupeuse blonde, se prenant brusquement au froid en une masse solide blanche, pour se ramollir de nouveau à la seule chaleur de la main.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la circulation océanique.* Note de M. **J. Thoulet.**

La circulation océanique est la conséquence des principes suivants :

1. L'Océan, au point de vue de l'agitation mécanique de ses eaux, est partagé horizontalement en deux zones, l'une superficielle, mince, d'agita-

tion, la seconde immédiatement sous-jacente, reposant sur le fond et par conséquent très épaisse, de calme mécanique complet.

2. L'extrême lenteur avec laquelle s'effectue la diffusion de deux eaux marines de salure différente, non agitées en contact mutuel.

3. Les conditions d'équilibre de deux liquides de densité différente contenus dans des vases communicants.

4. L'économie de la circulation océanique générale peut être élucidée dans tous ses détails par la considération de la densité *in situ*, poids du décimètre cube d'eau de mer dans les conditions rigoureuses où se trouvait celui-ci à l'endroit et au moment même où on l'a recueilli. La densité *in situ* σ_θ est simplement ramenée à la température *in situ* θ; la densité complète $\varkappa_p\sigma_\theta$ est corrigée de la température θ et de la compressibilité $\varkappa_p$ à la profondeur p *in situ*; elle est dite normale σ_0 lorsque le volume de l'eau est ramené à la température normale 0°. La valeur de la densité normale, d'où l'on retranche l'unité, représente la *salure*, c'est-à-dire le poids caractéristique de tout ce qui, dans l'échantillon d'eau de mer considéré, n'est pas de l'eau chimiquement pure. Ces diverses données sont obtenues sur quelques centimètres cubes de liquide récoltés dans un sondage densimétrique qui, d'un seul coup, rapporte autant d'échantillons que possible en série verticale. L'opération complète de la détermination de ces données se fait, à bord, en quelques minutes par un procédé déjà décrit par moi.

Les valeurs ainsi obtenues, récoltées et évaluées méthodiquement aux mêmes profondeurs, sont mises sous forme de tableaux de θ, $\varkappa_p\,\sigma_\theta$, σ_θ et σ_0 et rangées dans l'ordre de leurs profondeurs croissantes.

Chacun de ces tableaux pris isolément, suivant que les valeurs qui y sont inscrites sont comparées dans le sens vertical ou horizontal, fournit une coupe verticale ou horizontale de la variable considérée pratiquée à travers la masse entière des eaux. La comparaison des divers tableaux montre par des chiffres l'économie de la circulation océanique de la région étudiée.

L'opération destinée à servir de type et d'exemple à la méthode a été effectuée sur 24 stations de sondages densimétriques exécutés à bord du *Challenger*, 16 dans les portions chaudes et tempérées de l'Atlantique Nord, 8 dans les régions froides et glaciales de l'océan Indien. Elle a conduit aux conclusions suivantes :

L'eau douce sans cesse évaporée à la surface de l'Océan et destinée à alimenter les météores aqueux qui, sous forme de pluie ou de neige, tombent sur le globe entier, la congélation et les saumures d'eaux salées dans les régions glaciales alourdissent par concentration des sels les eaux

restantes qui dès lors descendent à travers l'Océan jusqu'au moment où, rencontrant une couche ayant la densité qu'elles possèdent elles-mêmes, elles s'arrêtent et s'étalent en forme de nuage ou de couche horizontale. Dans une moindre mesure, leur descente est imitée, en sens inverse, de bas en haut, par les eaux douces éruptives des volcans abyssaux.

La circulation superficielle, très peu profonde, est essentiellement la circulation physique puissamment modifiée par diverses causes dont la plus puissante est l'action des vents, courants de l'Océan aérien.

La circulation physique de la masse océanique totale est la résultante d'une circulation densimétrique sensiblement constante pendant toute l'année dans les régions chaudes, semi-annuelle dans les régions maritimes glaciales où elle correspond à la saison de congélation et à celle de la fusion des glaces.

Les phénomènes densimétriques expliquent la continuité du cycle de circulation des eaux sur le globe, la permanence du niveau océanique, l'existence de courants marins à demi profonds ascendants d'eaux froides au sein d'eaux plus chaudes, d'eaux chaudes au milieu d'eaux plus froides, probablement plus fréquents dans les climats extrêmes, chauds ou froids et qui, au point de vue pratique des pêches, sont des lieux d'habitat d'élection pour les poissons.

D'une façon générale il existe une complète similitude entre les lois essentielles de la circulation dans les trois océans terrestres solide, liquide et aérien.

HÉMATOLOGIE. — *La cellule primitive du sang.*
Note de M. **L.-M. Bétancès**, présentée par M. Henneguy.

Dans un récent travail ([1]) di Guglielmo soutient que les cellules primitives du sang sont de véritables hémohistoblastes équivalents aux cellules mésenchymateuses. Ferrata et Michels dans une Note de l'année dernière ([2]) confirment cette remarque et ajoutent qu'avec ces cellules circulent d'autres cellules qui en dérivent et qui, elles, n'avaient pas été signalées. Avant que cette conception soit accueillie par les chercheurs et pour éviter qu'elle ne les conduise à des conclusions tout à fait erronées sur la cytohématogenèse, je crois intéressant de faire connaître les résultats de mes observations qui infirment aujourd'hui les conclusions des savants hématologistes italiens.

([1]) G. di Guglielmo, *Heamatologica*, vol. 3, fasc. 5, septembre 1922.

([2]) A. Ferrata et N.-A. Michels, *C. R. Soc. de Biol.*, vol. 89, n° 24, 1923.

J'ai tout d'abord trouvé que la cellule hématique primitive possède la même forme apparente chez les Mammifères, les Vertébrés inférieurs et chez un certain nombre d'Invertébrés ([1]). Cette forme représente l'état de différenciation de la cellule mésodermique ou bien de la cellule mésenchymateuse, selon le cas, en cellule hématique primitive, qui n'est pas polyhistoblastique, mais qui, d'autre part, est cependant polyvalente en ce sens qu'elle peut se différencier soit en cellule érythrocytaire, soit en cellule lymphocytaire selon l'espèce animale.

Di Guglielmo a examiné le tissu *in genere* d'embryons de Lapin et de Cobaye de $0^{mm},7$ à 15^{mm} et, chez des stades plus avancés, il a pris, au moyen d'un tube capillaire, du sang des premières ébauches vasculaires qu'il a étalé sur lame et coloré par le May-Giemsa. Ferrata a prélevé et coloré de la même manière le sang d'un embryon de Cobaye de 10^{mm}. J'ai procédé de la même manière et j'ai fait également des coupes sériées d'embryons de différents âges; j'ai obtenu les mêmes formes de cellules que celles qui sont représentées dans la planche de di Guglielmo. Mais ces cellules sont-elles bien les cellules primitives du sang circulant? L'étude comparée de nos préparations, faite par la méthode des frottis et par la méthode des coupes sériées, fixées et colorées de la même façon, nous a laissé la conviction qu'il s'agit là de cellules mésodermiques de l'aire vasculaire ou bien de cellules mésenchymateuses, dans leur état primitif, ou à un état de différenciation vers la cellule hématique primitive. Ce ne sont pas en effet des cellules libres et circulantes, mais bien des cellules encore fixes qu'il est impossible de ne pas entraîner avec la pipette lorsqu'on essaye de prélever du sang de l'aire vasculaire ou de l'embryon; on sait d'ailleurs parfaitement que ces tissus mésodermique et mésenchymateux sont excessivement fragiles et qu'ils se dissocient facilement. On trouve en outre également des cellules endodermiques ou exodermiques dans les préparations, et leur forme, à cause de l'étalement, peut conduire à de graves erreurs. Par contre, on peut quelquefois obtenir des cellules identiques à celles représentées par Negreiros-Rinaldi dans sa planche I ([2]) et qui sont en réalité des cellules hématiques primitives, dont quelques-unes se présentent plus ou moins déformées au moment de l'étalement. Mes conclusions sont enfin confirmées par ce fait que, à cause de leur constitution physico-chimique même, ces cellules, lorsqu'elles deviennent libres dans

---

([1]) L.-M. Bétancès, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1002; t. 176, 1923, p. 265, 924, 1252.

([2]) Negreiros-Rinaldi, *Morfologia normale patologica dei globuli rossi*, 1910.

leur milieu ou dans un milieu différent, s'arrondissent et prennent une forme presque sphérique. Pour cette raison et également à cause de la labilité de ces cellules il est exceptionnel, sinon impossible, de trouver dans le sang circulant normal ou pathologique des hémohistoblastes à leur état primitif et indifférent ([1]).

Pour ce qui est de la conception de Ferrata qui croit que les cellules de Turk et de Rieder, par le fait que l'on en trouve parfois dans le sang circulant de l'embryon, ne sont pas des cellules pathologiques ou dégénérées, nous rappellerons que des cellules anormales ou dans un état de dégénérescence peuvent se trouver dès les premiers stades de l'embryogenèse.

EMBRYOGÉNIE. — *Dérivés endodermiques dorsaux et première ébauche génitale chez les Batraciens Anoures.* Note de M. L. **Bounoure**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'origine des premières cellules génitales chez les Batraciens Anoures est une question difficile, que M. Bouin, en 1901, laissait sans réponse, et qui a reçu ensuite deux solutions contradictoires : pour Dustin (1908) la première ébauche génitale, paire et symétrique, est d'origine mésoblastique pure et représentée par un épaississement occupant l'extrême bord dorsal des lames latérales (opinion appuyée par Spehl et Polus (1912) et par Schapitz (1912) pour les Urodèles); pour Allen (1907), King (1908), Kuschakewitsch (1910) et Witchi (1914) cette même ébauche, impaire et médiane, provient de l'endoderme. J'ai repris l'étude de ce problème chez les Anoures (*Rana temporaria* et *Bufo vulgaris*) et suivi, à l'aide d'un nombre considérable de stades et de coupes parfaitement sériés, le mécanisme de l'isolement des premiers gonocytes. Au reste il m'a paru possible de rattacher la formation du cordon génital primaire à une série de phénomènes embryonnaires dont il n'est qu'un épisode et qui ont pour siège la paroi dorsale médiane de l'endoderme.

La première manifestation de l'activité de cette paroi est la formation de la corde dorsale. Elle est immédiatement suivie par un phénomène exactement parallèle, l'isolement de la sous-notocorde. Stöhr (1895) en a donné,

([1]) Je n'ai jamais trouvé jusqu'ici sur des frottis de sang de malades atteints de leucémie dite *myéloïde*, et chez lesquels il paraissait réellement que la moelle osseuse hyperplasiée circulait par les vaisseaux, des hémohistoblastes à leur état primitif et indifférent. Dernièrement L.-E. Aybar a eu l'obligeance de nous envoyer plusieurs préparations remarquables de sang leucémique ; nous n'en avons pas trouvé non plus,

chez *Rana temporaria*, une description que je ne puis nullement confirmer. Pour lui ce cordon résulterait d'un empilement d'évaginations segmentaires de la paroi endodermique, et les cavités multiples qu'on y observe représenteraient autant de diverticules de la cavité intestinale primitive. Or j'ai constaté que la sous-notocorde s'isole sous forme d'un cordon plein, continu, constitué par un petit nombre de cellules fortement pigmentées (2 à 4 en coupe transversale). Les cavités qu'on y observe chez *Rana* résultent ou bien des vacuolisations intracellulaires analogues à celles que montre la notocorde, ou bien de l'écartement mutuel des cellules constituantes. Ces cavités paraissent manquer chez *Bufo*, et Bergfeldt a constaté la même chose chez *Alytes*.

C'est dans la région antérieure du tronc, définie par l'emplacement de l'ébauche hépatique, que la différenciation et l'isolement de la sous-notocorde, indiqués dès l'abord par le dépôt de pigment, sont le plus avancés. Plus en arrière, dans la région moyenne du tronc, ces phénomènes sont beaucoup moins marqués. Ils paraissent au contraire plus fortement accentués dans la région postérieure (avec, toutefois, le retard que comporte la différence de développement de la tête à la queue).

L'activité morphogénique de l'endoderme dorsal n'est pas épuisée par la sortie de la sous-notocorde. Mais cette activité se localise désormais dans les deux territoires du tronc, antérieur et postérieur, que nous venons de distinguer. Dans le premier, la paroi dorsale, pigmentée et fortement épaissie, forme l'ébauche bien connue du pancréas dorsal. Cet épaississement diminue graduellement en arrière, mais plus loin, dans la région postérieure du tronc, la paroi endodermique s'élève de nouveau en une sorte de crête dorsale, qui est restée longtemps énigmatique. Kupffer y avait vu, chez certains Poissons, l'ébauche d'un prétendu pancréas dorsal postérieur; Stöhr, chez *Rana*, l'amorce de l'intestin caudal. Or c'est en réalité la région où va se constituer l'ébauche, impaire et médiane, de la glande génitale primitive : on peut, dès à présent, la nommer crête génitale.

Le premier indice de sa différenciation se voit chez les embryons de Grenouille de 8^{mm} à $8^{mm},5$, où elle occupe une longueur d'environ 800^{μ}, et prend fin à 350^{μ} en avant de l'embouchure cloacale des canaux de Wolff. Son sommet, fortement pigmenté, est le siège d'un véritable remaniement cellulaire. On voit en effet de grosses cellules vitellines, que rien ne distinguait jusqu'ici, se glisser entre les cellules pigmentées de la crête, les déplacer et venir occuper elles-mêmes le sommet.

Sur des embryons à peine plus âgés, elles forment, tout le long de la

ligne médiane, immédiatement au-dessous de l'aorte, une sorte de bandelette, tantôt élargie, tantôt arrondie en cordon suivant les endroits; les lames latérales viennent s'appuyer, et même se mouler sur les bords latéraux de cette bandelette, qui repose ventralement sur la couche fortement pigmentée des cellules les plus élevées de l'endoderme définitif. A ce stade la bandelette génitale offre des caractères tout nouveaux de colorabilité, et peut paraître aisément en continuité avec le mésoderme adjacent.

Le lit de pigment qui porte le cordon génital et que franchit encore, par endroits, un gonocyte retardataire, est l'indice de la fissuration par laquelle s'opère l'isolement du cordon. Dans la fissure les lames latérales s'insinueut par leur bord médial et consomment la séparation. Sur des embryons de 10^{mm} les gonocytes forment une file continue nettement isolée dans l'épaisseur du mésentère. C'est cette ébauche impaire et médiane qui se dédoublera, peu de temps après, en glandes paires et symétriques.

Tous ces faits se présentent identiques chez *Bufo vulgaris*.

En résumé la formation de la première ébauche génitale chez les Batraciens Anoures n'est que l'épisode terminal de tout une série de dérivations endodermiques dorsales : notocorde; sous-notocorde; pancréas dorsal et crête génitale. Comme les organes qui la précèdent, la glande génitale s'ébauche à l'état de cordon plein (résultat, dans ce cas, d'un rassemblement actif des éléments) et s'isole de l'endoderme, par fissuration. Au reste, le fait que les gonocytes primaires sortent de l'endoderme n'implique nullement que ces cellules ne sont pas prédifférenciées dans ce feuillet et, pour ainsi dire, simplement emmagasinées parmi les cellules vitellines : il reste à trouver des procédés ou des méthodes permettant de les y déceler à des stades encore plus précoces.

BIOLOGIE. — *Sur la signification de la glande génitale rudimentaire droite chez la Poule.* Note de M. **Jacques Benoit**, transmise par M. Widal.

J'ai montré dernièrement que l'ovariotomie pratiquée chez une jeune poule avait déterminé le développement d'un testicule avec spermatogénèse complète, aux dépens de la glande sexuelle rudimentaire droite [1].

---

[1] Il y a lieu de citer ici une expérience faite par Pezard et relatée dans son travail : *Modifications périodiques ou définitives...* (*Annales des Sciences naturelles*, 1922). Deux poules ovariotomisées en 1914 présentèrent en 1919 le développement de carac-

J'ai d'autre part attiré l'attention sur le fait que, chez les Oiseaux hermaphrodites, cette glande sexuelle droite donne toujours, quand elle se développe, naissance à une glande testiculaire plus ou moins évoluée ([1]). On arrive ainsi par l'expérimentation et par l'examen des sujets hermaphrodites, à supposer que la glande sexuelle droite de la Poule aurait la valeur d'une glande testiculaire rudimentaire. Quelle est donc la nature histologique de cette gonade droite, chez la Poule normale?

Firket a montré que, chez l'embryon femelle de Poule, l'épithélium germinatif ne donne naissance, du côté droit, qu'à la première poussée sexuelle. La deuxième poussée ne se produit jamais. Ces cordons sexuels de la première poussée se transforment bientôt en cellules interstitielles chargées de graisse; ou bien ils se dilatent et prennent l'aspect de lacunes tapissées d'une seule couche de cellules aplaties, dont quelques-unes subissent la transformation interstitielle. Firket considère cette évolution comme une « dégénérescence » qui « aboutit à la disparition complète de tous les éléments constitutifs de l'ovaire droit ».

J'ai étudié chez quelques poules Leghorn doré normales la région sexuelle droite et les conduits qui y sont annexés. Voici les résultats que m'a fourni l'examen de sujets de 2 mois à 2 mois et demi. En ce qui concerne tout d'abord les conduits sexuels, on observe un canal longitudinal qui s'étend de la région sexuelle au cloaque, et qui correspond au canal efférent du mâle. Ce canal est la continuation d'un organe allongé situé dans la région sexuelle, formé de tubes et semblable, par sa structure,

---

tères sexuels mâles (crête, instinct). Pezard constata à l'autopsie que des « formations pathologiques » s'étaient développées. Il les considère comme des « séminomes » et les tient pour responsables des caractères sexuels mâles apparus.

([1]) Dans l'énumération, que j'avais faite aussi complète que possible, des auteurs qui ont étudié des cas d'hermaphrodisme chez les Oiseaux (*Comptes rendus*, décembre 1923, p. 1074), je n'ai pas mentionné une Note de MM. Pezard et Caridroit, parue dans les *Comptes rendus*, juillet 1923, p. 76. Cette Note, que j'ignorais alors, ajoute un cas intéressant d'hermaphrodisme vrai à ceux connus jusqu'à présent. Là encore la gonade droite ne renfermait que des éléments de nature testiculaire, qui d'ailleurs avaient très peu évolué. A gauche se trouvait un ovotestis. Un cas semblable vient d'être publié par Macklin et Madge Thurlow (*J. Exp. Zool.*, 20 novembre 1923). Les auteurs ont trouvé, chez une Poule hermaphrodite, un testicule normal à droite et un ovotestis à gauche. La partie testiculaire de cet ovotestis contenait des spermatozoïdes. Enfin Crew (*Proceed. of the Royal Soc. Biol. Sc.*, 1923, p. 256) signale chez la Poule des cas d'hermaphrodisme dont un particulièrement intéressant : une poule ayant pondu dans sa jeunesse se transforme en mâle, à la suite d'une tuberculose de l'ovaire, et, se comportant comme mâle, féconda une poule.

à l'épididyme d'un jeune mâle. Dans la partie antérieure de cet organe on aperçoit des canaux identiques aux « canaux efférents » du mâle, puis un « rete » semblable au « rete testis » ([1]). On aperçoit ensuite, dans le prolongement du « rete », une région lacuneuse, recouverte par l'épithélium péritonéal. J'ai retrouvé dans cette région les espaces lacunaires et les cellules interstitielles décrits par Firket, et j'y ai vu également des cordons cellulaires, pleins ou creusés d'une étroite lumière. Ces cordons sont ou bien isolés et fermés aux deux extrémités, ou bien en communication avec les boyaux de cellules interstitielles ou avec les espaces lacunaires. J'ajoute qu'on observe parfois la communication directe entre certains de ces espaces et les canaux du « rete ».

La région qui vient d'être décrite répond manifestement à la gonade droite rudimentaire. Les cellules interstitielles et les lacunes proviennent, d'après les travaux de Firket, de la transformation des cordons sexuels de première poussée, et les cordons cellulaires semblent bien être des cordons sexuels qui ont échappé à cette transformation. J'ai d'ailleurs trouvé, dans la gonade droite d'une poule normale, de 2 mois et demi, et dont l'ovaire gauche était normalement développé pour cet âge, un petit nodule contenant quelques tubes semblables aux tubes sexuels d'un testicule embryonnaire, sauf qu'ils ne contenaient pas de grandes cellules germinatives. Le tissu conjonctif qui séparait ces tubes contenait quelques amas de cellules interstitielles parfaitement caractérisées. Ce nodule présentait en somme une structure testiculaire manifeste, et quelques autres formations, semblables mais moins développables, ont pu être mises en évidence dans d'autres coupes du même organe ([2]). J'ajoute que je n'ai jamais rencontré d'éléments sexuels femelles dans la glande sexuelle droite.

Conclusions. — Les données embryologiques, qui considèrent la première prolifération de l'épithélium germinatif chez la femelle comme l'homologue de celle qui, chez le mâle, donnent les cellules germinatives du testicule, trouvent donc une confirmation dans les résultats de l'expérimentation et de l'étude histologique de la glande sexuelle droite chez la Poule. Ceci nous montre que la glande sexuelle droite rudimentaire de la Poule, qui a été appelée jusqu'à présent « ovaire rudimentaire droit », doit être considérée

---

([1]) Ces différentes structures ont déjà été observées par Chappellier chez les Fringillidés (*Bull. Scient. de la France et de la Belgique*, 1911, p. 149).

([2]) J'ai observé du côté gauche chez la Poule, les mêmes organes de nature wolffienne que du côté droit. Mais je néglige délibérément, dans la présente Note, les restes des cordons de première poussée dans l'ovaire gauche de la Poule, restes qui se développent parfois en une glande testiculaire, chez les hermaphrodites.

comme ayant la valeur d'un testicule rudimentaire, puisqu'elle est formée exclusivement par les éléments de la première poussée sexuelle, et que ces éléments donnent toujours naissance aux cellules de la lignée spermatogénétique, quand ils viennent à se développer.

Ces faits me conduisent donc à considérer que deux germens distincts, mâle et femelle, coexistent dans le même soma, que l'un deux s'est développé et que l'autre est resté potentiel. Mais il y a lieu de remarquer qu'ils sont aussi rigoureusement fixés l'un que l'autre au point de vue de leur déterminisme cyto-sexuel, et que le germen mâle, bien que réprimé sans doute par la gonade femelle, conserve sa détermination sexuelle rigoureuse, et indépendante des conditions de milieu dans lesquelles il se trouve.

MICROBIOLOGIE. — Encephalitozoon rabiei *parasite de la rage*. Note de MM. Y. MANOUELIAN et J. VIALA, transmise par M. Roux.

Nos recherches sur la rage des rues chez le chien, l'homme, le lapin, le macaque; sur la rage à virus fixe chez le lapin, nous ont permis de déceler dans tout l'axe cérébro-spinal, dans le système nerveux sympathique, dans les nerfs périphériques, dans les glandes salivaires, des formations particulières que nous considérons comme le parasite de la rage.

Il s'agit de corpuscules allongés, fusiformes, piriformes ou en navettes de 1 à 2^{μ} en moyenne. Leur corps protoplasmique paraît renfermer des granulations de chromatine et semble entouré par une membrane. Ils présentent parfois un espace clair à l'une des extrémités.

Ils ne sont pas imprégnés par les méthodes de Ramon y Cajal, de Levaditi ni par la nôtre.

Ces corpuscules se rencontrent en nombre plus ou moins considérable dans le cytoplasme des cellules nerveuses et dans les prolongements cytoplasmiques des neurones; en dehors de ces cellules on les trouve disséminés dans le tissu nerveux.

Nous les avons également décelés en abondance dans les cellules des acini des glandes salivaires et dans la lumière des canaux excréteurs, par conséquent dans la salive.

Ces parasites sont certainement très voisins des corpuscules constatés par Doerr et Zdansky sur les coupes de Kling; celles-ci provenaient d'encéphales de lapins inoculés avec le virus encéphalitique suédois. Ils sont très voisins également de ceux récemment décrits par Levaditi et Nicolau dans l'encéphale des lapins contaminés avec le virus de Kling, avec le virus de Thalimer et celui de Bull, Oliver et Twort.

Levaditi et Nicolau pensent que les corpuscules de l'encéphalite du lapin sont des parasites protozoaires, peut-être du groupe des microsporidies. Ils l'ont dénommé *Encephalitozoon cuniculi*. Comme nous croyons le parasite de la rage très voisin, nous le répétons, de l'*Encephalitozoon cuniculi*, nous proposons de le nommer *Encephalitozoon rabiei* (¹).

Quel est le rapport entre les corpuscules de Negri et ces formes ? Nous croyons que les corpuscules de Negri sont le produit de dégénérescence du parasite à l'intérieur de la cellule nerveuse : les parasites envahissent la cellule et s'y multiplient. Nous avons pu constater leur agglutination en masse, spécialement dans les cellules nerveuses de la corne d'Ammon. A cette agglutination fait suite une coalescence des parasites ; et c'est aux dépens de ces masses d'origine parasitaire que se constituent les corps de Negri.

Il s'agirait là d'une réaction particulière à la cellule nerveuse, puisque dans les cellules des glandes salivaires où pullulent les parasites, les corps de Negri n'existent jamais ; cependant dans les ganglions nerveux intraglandulaires, nous avons signalé, il y a longtemps, la présence des corpuscules de Negri.

Fait encore intéressant, dans la rage à virus fixe, les corpuscules de Negri sont petits et très rares. On comprend qu'un virus exalté par de multiples passages ne détermine pas dans la cellule nerveuse des réactions aussi fortes que dans la rage des rues.

PATHOLOGIE. — *L'immunité dans la diphtérie aviaire et l'épithélioma contagieux des volailles*. Note de MM. **L. Panisset** et **J. Verge**, présentée par M. E. Leclainche.

Les poules guéries de diphtérie naturelle ou expérimentale (*types épithéliomateux*, *diphtéroïde*, *inflammatoire*) ont acquis une immunité solide et durable à l'égard d'une forme quelconque du processus morbide (²).

Les poules I et II, qui provenaient d'un élevage infecté et présentaient en mars 1923 des fausses membranes bucco-pharyngées et de la tuméfaction des sinus infra-orbitaires, ne réagissent — quatre mois après leur guérison — ni à la scarification viru-

(¹) Dans une Note, parue aux *Comptes rendus* le 7 janvier dernier, MM. Levaditi et Nicolau ont émis l'hypothèse que le parasite de la rage était de même nature que celui de l'encéphalite naturelle du lapin.

(²) Panisset et Verge, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1249.

lente de la crête au moyen d'une émulsion de croûtes épithéliomateuses, ni à l'inoculation intra-veineuse de 1^{cm^3} de la même émulsion (virus provenant d'un dindonneau et déclenchant, par injection dans la veine axillaire des témoins, des manifestations épithéliomateuses et pseudo-membraneuses rapidement mortelles).

Les poules III et IV ont été inoculées expérimentalement, le 9 mars 1923, sur les deux faces de la crête préalablement scarifiée, avec un virus épithéliomateux pur. Le 20 juillet 1923, la guérison est parfaite depuis de longues semaines. Ni la scarification virulente de la crête, ni l'injection virulente intra-veineuse (virus du dindon) ne donnent de résultats positifs : les oiseaux guéris ont donc acquis ultérieurement une résistance très nette à toutes les réinfections expérimentales.

Cette immunité se manifeste également à l'égard de la contagion naturelle. Une violente épizootie de diphtérie aviaire a sévi, durant les hivers 1922 et 1923, dans un très important élevage de la banlieue parisienne : les oiseaux qui, malades en 1922, ont pu guérir n'ont jamais présenté le moindre signe clinique lors de l'épidémie survenue un an plus tard.

La diphtérie aviaire vaccine donc contre l'épithélioma contagieux et vice versa, nouvelle preuve de l'identité étiogénique des deux affections provoquées par un même ultra-virus ([1]).

L'immunité, contrairement à ce qu'a constaté Burnet chez le pigeon, ne semble pas comporter de degrés. Quelles que soient l'étendue et la violence — ou la bénignité — du processus variolique et pseudo-membraneux, l'état réfractaire est total; seule, la durée de la résistance nous paraît variable. Ces données nous ont permis de rechercher une méthode efficace de vaccination.

De nombreux vaccins ont été préconisés, aussi bien au titre de la prévention qu'au titre de la cure, dans la lutte contre la diphtérie aviaire (Manteufel, Beach et Hadley, Ward et Gallagher, de Blieck et Van Heelsbergen, etc.).

Nous nous sommes inspirés, au cours de nos essais, du fait que la diphtérie aviaire est une, étiologiquement, et peut être rangée dans le groupe des *ectodermoses neurotropes* de Levaditi.

Quelles doivent être les qualités d'un vaccin contre la diphtérie des volailles? Il faut — d'après Besredka — qu'un vaccin fasse le même parcours dans l'organisme que le virus lui-même; qu'il affecte le même organe ou le même groupe d'organes que ce virus.

En un mot, pour déployer le maximum d'action, le virus-vaccin idéal doit se comporter, en pénétrant dans l'économie, le plus pareillement possible au virus-agent de l'infection.

De là est née, dans la diphtérie aviaire et l'épithélioma contagieux, l'idée

([1]) Panisset et Verge, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 148.

d'une « *cuti-vaccination* », déclenchant une « *cuti-immunité* ». En d'autres termes, à une vaccination ectodermique purement locale, doit correspondre un état réfractaire local de l'ectoderme intéressé par la lésion. Cette immunité locale semble, d'ailleurs, retentir très vite sur l'organisme, puisqu'elle aboutit à la constitution d'une immunité générale, solide et durable.

La poule V reçoit, le 19 avril 1923, dans la veine axillaire, 1^{cm^3} d'un virus épithéliomateux de 24 heures préalablement phéniqué.

La poule VI est inoculée, à la même date, dans l'épaisseur du barbillon droit, au moyen de deux gouttes du même virus phéniqué. Dans les jours qui suivent, la poule V ne présente absolument rien d'anormal. La poule VI réagit par la formation d'un nodule, de la grosseur d'un pois, au niveau du point d'inoculation ; ce nodule a totalement disparu après trois semaines d'observation.

Le 20 juillet 1923, chaque oiseau reçoit, dans la veine axillaire, 1^{cm^3} d'un virus épithéliomateux très pathogène (*ubi supra*). Aucun signe morbide n'apparaît après cette insertion virulente, alors que le témoin meurt en quelques jours.

Deux poules, VII et VIII, sont vaccinées le 19 avril 1923 suivant le même rythme que les poules V et VI.

Le 20 juillet 1923, leur crête, scarifiée au préalable, est badigeonnée au moyen d'une émulsion virulente de croûtes épithéliomateuses. Aucune vésicule, aucune tumeur ne se dessine par la suite au niveau des parties scarifiées.

Ces expériences ont été répétées plusieurs fois avec le même succès.

Il semble donc que, comme l'écrit Levaditi, l'introduction du virus dans un tissu pour lequel il offre à l'origine une affinité élective (peu importe s'il s'agit d'une inoculation directe ou d'un apport par la circulation sanguine) réalise l'état réfractaire, non seulement de ce tissu, mais aussi de tous les autres systèmes cellulaires sensibles.

Conclusions. — 1° L'inoculation, dans l'épaisseur du barbillon, de deux gouttes ($\frac{1}{10}$ de centimètre cube) d'un virus épithéliomateux convenablement atténué permet à la poule de résister aux différentes localisations expérimentales de la diphtérie aviaire.

2° L'immunisation locale (cuti-vaccination) aboutit à une immunité générale.

3° L'immunité ainsi obtenue est solide ; elle dure au moins quatre mois.

4° Des expériences en cours montreront si cette immunité est valable à l'égard de toutes les diphtéries aviaires.

A $15^h 35^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures.

É. P.

ERRATA.

—

(Séance du 5 novembre 1923.)

Note de M. *J. Wolff*, Sur les ensembles non mesurables :

Page 863, *au lieu de* Note de M. J. Wolff, *lire* Note de M. Julius Wolff.

(Séance du 12 novembre 1923.)

Note de M. *E.-O. Lovett*, Sur une propriété fonctionnelle de certaines surfaces :

Page 932, ligne 4, *au lieu de* $z_i = \zeta_i, \ldots$, *lire* $z_i = \xi_i, \ldots$.

Page 933, ligne 20, *au lieu de* $\left(e^{\frac{u}{2}} - e^{\frac{u}{2}}\right)$, *lire* $\left(e^{\frac{u}{2}} - e^{-\frac{u}{2}}\right)^2$; ligne 27, *supprimer* A. avant Tisserand-Painlevé; *au lieu de* p. 462, *lire* p. 426.

(Séance du 2 janvier 1924.)

Page 24, ligne 9, *au lieu de* Wulf, *lire* Julius Wolff.

Note de M. *Michcovitch*, Sur les étoiles variables du type Algol :

Page 77, lignes 2 et 5, *au lieu de* type R, *lire* type A.

Note de M. *Maurice Piettre*, Séparation des protéides du blanc d'œuf par la méthode de l'acétone :

Page 91, ligne 6 en remontant, *au lieu de* un peu moins de son volume, *lire* un peu moins de la moitié de son volume.

Note de M. *E. Sollaud*, Ce qu'il faut penser du « polymorphisme pœcilogonique » du *Palæmonetes varians* (Leach) :

Page 127, ligne 20, *au lieu de* on est un peu en droit, *lire* on est peu en droit. Réunir les deux derniers alinéas.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 JANVIER 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Conditions de régularité, conditions d'irrégularité, conditions d'impossibilité dans le problème de Dirichlet.* Note de M. **Henri Lebesgue.**

1. Dans toutes les méthodes de résolution du problème de Dirichlet, celle que j'ai donnée dans les *Rendiconti* du Cercle de Palerme [1] exceptée, on peut distinguer deux parties : la construction d'une fonction V harmonique dans le domaine considéré D, attachée à une fonction continue f donnée sur la frontière F de D, et l'étude de la continuité de V au voisinage de cette frontière F. A l'aide d'artifices variés on s'efforce donc de démontrer que si le point P de D tend vers un point O de F, V (P) tend vers f (O).

J'ai montré que cette continuité, qu'on avait jusque-là toujours rencontrée, n'a cependant pas toujours lieu, c'est-à-dire que le problème de Dirichlet

---

(1) *Sur le problème de Dirichlet* (t. 24, 1907). — Cette particularité tient uniquement à ce que la condition de régularité (voir plus loin) que j'ai supposée remplie en tous les points frontières du domaine est si peu restrictive que j'ai pu le faire entrer dans la définition même du mot domaine. Cela m'a permis d'amalgamer les deux parties de la démonstration.

Dans les méthodes (Neumann, Fredholm) où l'on raisonne, en fait, sur une équation fonctionnelle, c'est de l'étude de la continuité ou de la discontinuité du potentiel employé que résulte la continuité de V. Cette étude précède la mise en équation du problème ; l'ordre des deux parties est inverse de celui qu'on rencontre dans les résolutions du problème de Dirichlet déduites de considérations de minimum.

n'est pas toujours possible [1]. Il convient donc d'énoncer les caractères fournis par les artifices dont j'ai parlé et auxquels on peut reconnaître que V(P) tend vers $f(O)$, quand P tend vers O, *et cela quelle que soit la fonction continue f*. Un tel caractère sera une *condition de régularité* du point frontière O, qui sera dit un point *régulier*. Il y a lieu de formuler également des *conditions d'irrégularité* permettant d'affirmer que certains points O sont *irréguliers*, c'est-à-dire que, pour des fonctions continues convenablement choisies, V(P) ne tend pas vers $f(O)$, quand P tend vers O. Enfin, lorsque la frontière F du domaine D contient au moins un point irrégulier, il est utile de connaître des *conditions d'impossibilité* permettant de nommer des fonctions continues f pour lesquelles le problème de Dirichlet est impossible dans D.

L'exemple d'impossibilité du problème de Dirichlet que j'ai donné fournit de suite une condition d'irrégularité. Avant d'arriver à construire cet exemple, j'avais d'ailleurs été conduit à remarquer des conditions de régularité et d'impossibilité. L'occasion de faire connaître ces diverses conditions m'est fournie par une Note fort intéressante [2] dans laquelle M. Bouligand retrouve une condition de régularité, obtenue par M. Zaremba, puis la généralise considérablement. M. Bouligand s'occupe d'ailleurs indirectement des deux autres espèces de conditions, puisqu'il exprime analytiquement dans quelles circonstances V(P) tend vers $f(O)$. Nos résultats, différents et obtenus par des méthodes différentes, gagneront à être rapprochés.

Il ne s'agira, dans ce qui suit, que de l'espace à trois dimensions.

2. *a*. Condition de régularité de M. Zaremba [3]. — *Un point O de la frontière d'un domaine D est régulier, s'il est le sommet d'une surface conique fermée dont l'intérieur soit extérieur à D* [4].

b. Condition de régularité de M. Bouligand. — *Le point O est régulier, s'il est le sommet d'une surface conique, ouverte ou fermée, extérieure à D.*

J'ai obtenu la condition suivante :

A. *Le point O est régulier si, sur chaque chaque sphère de centre O et de rayon r, assez petit, il existe un point extérieur à D et distant de D d'une quantité au moins égale à Kr, K étant une quantité positive donnée.*

---

[1] *Sur les cas d'impossibilité du problème de Dirichlet* (*C. R. des Séances de la Soc. math. de France*, 1912).

[2] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 55.

[3] *Sur le principe du minimum* (*Bull. de l'Ac. des Sc. de Cracovie*, 1909).

[4] J'ai choisi cette forme d'énoncé pour mieux montrer ses rapports avec celui de M. Bouligand; naturellement on pourrait ne parler que de cône de révolution.

Cet énoncé généralise celui de M. Zaremba; si, partant d'un domaine satisfaisant à l'énoncé *a*, on tord l'espace de façon que chaque sphère de centre O glisse sur elle-même sans déformation, on sera fréquemment dans le cas A. Si l'on pouvait généraliser d'une façon analogue l'énoncé *b*, on mettrait clairement en évidence que ce qui est essentiel à la régularité d'un point O c'est que, au voisinage de O, l'extérieur de D ne soit pas trop petit.

Quant au sens précis à donner au mot petit, il n'est probablement pas unique. La question me paraît comparable à celle-ci : à quel caractère peut-on reconnaître qu'un ensemble de points peut être l'ensemble des points singuliers d'une fonction analytique qui reste bornée au voisinage de ses points singuliers ([1]).

Il résulte des travaux de MM. Painlevé, Zoretti, Pompeiu, Denjoy que l'ensemble ne doit pas être trop petit, le mot petit exprimant une propriété qu'on précise tantôt par la considération de longueurs, tantôt par la considération d'aires.

Les énoncés qui suivent confirment, il me semble, ces inductions.

3. J'utiliserai le langage suivant :

Deux figures A et B ayant un point O en commun, dire que A a, en O, un contact d'ordre n avec B, sera dire qu'à tout point α de A, suffisamment voisin de O, on peut faire correspondre un point β de B de manière que $\alpha\beta$ soit un infiniment petit d'ordre $n+1$ par rapport à l'infiniment petit principal $O\alpha$.

A sera dit avoir un contact exponentiel avec B, si la correspondance peut être établie de manière que

$$\alpha\beta = e^{-\frac{\lambda}{O\alpha}}(\mu+\varepsilon),$$

ε étant un infiniment petit, λ et μ deux constantes positives.

Quand A a un certain contact avec B, en général B n'a pas le même contact avec A ; c'est seulement une certaine figure B', faisant partie de B, qui a ce contact avec A. Si, de quelque manière qu'on choisisse α sur A, tendant vers O, et β sur B, $\frac{\alpha\beta}{O\alpha}$ n'est pas infiniment petit, aucune partie de A n'est tangente à B.

L'énoncé de M. Zaremba peut se formuler ainsi :

([1]) Comparer aussi à la question dont je me suis récemment occupé (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1097).

a. Le point O *frontière de* D *est régulier, s'il est extrémité d'un segment de droite* Δ *extérieur à* D *et dont aucune partie n'est tangente à la frontière* F *de* D.

On peut le généraliser ainsi :

c. Le point O *est régulier, s'il est extrémité d'un segment de droite* Δ *extérieur à* D *et dont aucune partie n'a, avec* F, *un contact d'ordre supérieur à un ordre fini donné.*

Je ne sais si cet énoncé est susceptible d'une généralisation analogue à celle qui conduit de *a* à A; on peut, en tout cas, y remplacer le segment de droite Δ par un arc régulier de courbe analytique ou simplement d'une courbe définie par des équations $y = y(x)$, $z = z(x)$; y et z ayant des dérivées continues jusqu'à un certain ordre.

De l'énoncé précédent, on peut rapprocher celui-ci :

Condition d'irrégularité. — *Un point* O *de la frontière* F *d'un domaine* D *est irrégulier, s'il est l'extrémité d'un segment de droite* Δ, *ou d'un arc régulier de courbe* Δ, *extérieur à* D, *et tel que* F *ait un contact d'ordre exponentiel avec* Δ.

4. Ces propositions résultent de remarques très simples.

Tous les artifices qui ont été utilisés pour l'étude des fonctions V trouvées en résolvant le problème de Dirichlet, malgré leurs différences de forme, peuvent être rattachés à la méthode suivante :

Si $\mathcal{S}$ et $\mathfrak{z}$ sont deux fonctions harmoniques, dans un domaine D, et si, sur la frontière F, on a

$$\mathfrak{z} \leqq f \leqq \mathcal{S}, \tag{1}$$

alors, dans tout D, on a aussi

$$\mathfrak{z} \leqq V \leqq \mathcal{S}. \tag{2}$$

D'une remarque connue de Paraf [1], il résulte que la fonction $\mathcal{S}$, au lieu d'être prise harmonique, pourrait satisfaire à l'inégalité

$$\Delta\mathcal{S} = \frac{\partial^2 \mathcal{S}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \mathcal{S}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \mathcal{S}}{\partial z^2} \leqq 0,$$

[1] *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, t. 6, 1892. Je me suis déjà servi des considérations du texte (*Comptes rendus*, t. 154, 1912), mais en me limitant aux fonctions $\mathfrak{z}$ et $\mathcal{S}$ harmoniques; la généralisation actuelle a été inspirée par la méthode suivie par M. Zaremba dans le Mémoire cité et qui lui a fourni la condition *a*.

ou même simplement être la limite d'une suite uniformément convergente de fonctions satisfaisant à la condition $\Delta \leqq 0$. J'appelle fonction surharmonique une telle fonction.

$\mathfrak{s}$ pourra, de même, être prise sousharmonique.

Enfin $\mathfrak{s}$ et $\mathfrak{S}$ n'ont pas besoin d'être continues sur la frontière F de D; mais, dans ce cas, on conviendra d'attribuer à $\mathfrak{s}$ et à $\mathfrak{S}$ en tout point O de F, respectivement la plus grande limite de $\mathfrak{s}(P)$ et la plus petite limite de $\mathfrak{S}(P)$ quand P, intérieur à D, tend vers O. Dans ces conditions, $\mathfrak{s}$ atteint sa borne supérieure et $\mathfrak{S}$ sa borne inférieure.

Des fonctions $\mathfrak{s}$ et $\mathfrak{S}$, respectivement sousharmonique et surharmonique, et satisfaisant aux inégalités (1), donc aux inégalités (2), sont des fonctions *barrières*, respectivement inférieure et supérieure pour V.

Pour que V soit continue en un point O de F, il est évidemment nécessaire et suffisant qu'il existe des fonctions barrières différant entre elles en O d'aussi peu qu'on le veut et continues en O. De là se déduit facilement l'énoncé suivant :

Condition nécessaire et suffisante de régularité. — *Pour qu'un point* O *de la frontière d'un domaine* D *soit régulier, il faut et il suffit qu'il existe une fonction surharmonique dans* D *qui soit continue en* O, *et qui atteigne en* O, *et seulement en* O, *sa borne inférieure.*

Si, dans cet énoncé, on remplace surharmonique par sousharmonique et inférieure par supérieure, on a un énoncé équivalent. Dans l'une et l'autre forme on peut remplacer surharmonique et sousharmonique par harmonique; sous réserve, en ce qui concerne la valeur de la fonction sur F, de la définir d'une part la plus petite limite, d'autre part par la plus grande.

De cette proposition on déduit le corollaire suivant : Si D et D_1 sont deux domaines ayant un point frontière O commun, et si D_1 est contenu dans D, au voisinage du point O, alors :

O est régulier pour D_1 s'il est régulier pour D ;

O est irrégulier pour D s'il est irrégulier pour D_1.

L'examen de fonctions harmoniques ou surharmoniques particulières conduit facilement à des conditions de régularité ou à des conditions d'irrégularité : A provient de l'étude du potentiel d'une infinité dénombrable de points attirants; *c* de fonctions telles que $\sqrt{X^n + Y^n - Z}$; l'exemple d'impossibilité que j'ai donné, et la condition d'impossibilité qui s'en déduit, d'un potentiel de ligne attirante.

Il y aurait intérêt, pour tout ce qui concerne les singularités des fonctions harmoniques, à explorer le champ des fonctions harmoniques et surharmo-

niques qui sont immédiatement fournies par la théorie du potentiel; c'est-à-dire les sommes, les intégrales curvilignes, de surface, de volume portant sur les expressions

$$\mu\left(\frac{1}{r}\right), \quad \mu\frac{d}{dn}\left(\frac{1}{r}\right), \quad \mu\frac{d}{dn_1}\left[\frac{d}{dn}\left(\frac{1}{r}\right)\right], \quad \ldots,$$

où μ varie d'un point à l'autre ainsi que les directions n, n_1, ... En réalité, bien peu de ces potentiels ont été étudiés.

5. De la condition nécessaire et suffisante de régularité, on tire de suite cet énoncé :

CONDITION D'IMPOSSIBILITÉ. — *Si la frontière* F *d'un domaine* D *contient un point irrégulier* O, *le problème de Dirichlet est impossible dans* D *pour toute fonction f continue sur* F *et atteignant au point* O, *et au point* O *seulement, sa borne supérieure ou sa borne inférieure.*

MÉCANIQUE. — *Influence des harmoniques des retards de phase sur la répartition des manivelles dans un moteur à explosion à cylindres multiples. — Influence des accouplements élastiques et de l'amortissement.* Note (¹) de M. **ANDRÉ BLONDEL.**

Dans une Note précédente (²), j'ai montré que l'ensemble des régimes oscillatoires possibles d'un arbre à manivelles multiples avec volants et couplages élastiques est donné par un déterminant caractéristique, dont les racines réelles donnent des vitesses de pulsation critiques. Le nombre de ces régimes oscillatoires est égal à celui des liaisons élastiques du système. Quand on remplace le système discontinu par un système continu (³), les régimes oscillatoires possibles correspondent de même à la décomposition de l'arbre en un nombre variable de concamérations. Quand l'arbre est muni d'un volant, celui-ci s'oppose en général à l'établissement de ces concamérations; mais si le volant entraîne un appareil récepteur par un accouplement élastique, l'inertie apparente totale de ces organes peut, comme on l'a vu, devenir nulle ou même négative; rien ne limite alors la généralité de la solution. Il est donc intéressant de rechercher comment l'arbre peut se diviser en parties vibrantes sous l'action des couples moteurs

(¹) Séance du 14 janvier 1924.
(²) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1171.
(³) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 46.

agissant sur les diverses manivelles, en supposant que l'inertie apparente des organes entraînés soit très faible. Le fait que les couples ne sont pas distribués d'une façon continue et que la dernière manivelle est à une certaine distance du volant laisse, en effet, une certaine marge pour la position que peut prendre un nœud de vibration au voisinage du volant.

Les valeurs des angles de déphasages relatifs et des angles de calage $n\varphi_n$ correspondant aux harmoniques considérés dans ma première Note, se déduisent immédiatement de la connaissance de la période propre, des angles de calage des manivelles et des phases d'allumage des cylindres. On peut combiner les derniers éléments en un seul, et désigner par φ_n les angles de phase des harmoniques fondamentaux des couples. En considérant par exemple le moteur à six manivelles, on désignera par I, II, III, ..., VI les phases relatives des différents couples, suivant l'ordre de succession, en supposant que les angles de retards de phase se succèdent par rapport à la période, égale à deux tours (¹), dans l'ordre suivant : 0°, — 60°, — 120°, — 180°, — 240° (ou + 60°), ..., — 360° ou 0° (les angles de retard étant comptés négativement. Pour l'harmonique 2, les angles de phases relatives (c'est-à-dire rapportés à la période propre de l'harmonique) seront doublés et certains d'entre eux dépasseront 360°; on retranchera alors 360° du nombre. De même pour l'harmonique 3, les angles seront triplés, et ainsi de suite. On établit de cette manière le Tableau ci-dessous qui résume les décalages angulaires $n\varphi$ des phases pour les six premiers harmoniques :

Tableau I.

Valeurs des angles $n\varphi$ des formules (6).

	Numéro de l'harmonique.					
Rang du couple.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
I.......	0	0	0	0	0	0
II.......	— 60	—120	180	—120	+ 60	0
III.......	—120	+120	0	+120	+120	0
IV.......	— 180	0	180	0	+180	0
V.......	+120	—120	0	—120	—120	0
VI.......	+ 60	+120	180	+120	— 60	0

Pour faciliter la lecture de ce Tableau, on a remplacé les angles supé-

(¹) Les angles de phase rapportés à un seul tour du moteur sont deux fois plus grands; mais ils se rapportent alors à une alternance du mouvement périodique, au lieu de la période complète.

rieurs à 180° par leur complément par rapport à 360° en changeant de signe. On voit ainsi que la répartition des angles est la même pour l'harmonique 4 que pour l'harmonique 2, mais avec un sens de rotation inverse, et pour l'harmonique 5 que pour l'harmonique 1, aux signes près; ce Tableau montre la façon dont l'arbre tendra à se subdiviser en concamérations sous l'influence des couples harmoniques si l'on dispose les manivelles sur l'arbre dans le même ordre que celui des chiffres de la première colonne. En effet, si l'on représente les couples par des vecteurs tracés avec les angles de phase indiqués sur le Tableau, on voit aisément que :

1° Les couples produits par l'harmonique 1 ou par l'harmonique 5 auraient deux résultantes égales et opposées, l'une produite par les trois premiers couples, l'autre par les trois derniers; l'arbre tendrait donc à vibrer en harmonique 2, c'est-à-dire avec un nœud d'oscillation au milieu de l'arbre et deux ventres aux extrémités s'il ne porte pas de volants ou s'il commande un accouplement élastique d'inertie apparente très faible.

2° Sous l'influence des harmoniques 2 ou 4, les deux moitiés successives de l'arbre seraient soumises à des couples résultants constamment nuls; mais entre les manivelles successives il existe des couples qui ne s'annulent pas et qui peuvent provoquer la division de l'arbre en six concamérations si pour cette fréquence l'accouplement élastique ajouté à l'un des bouts donne lieu à une inertie apparente très faible.

3° L'harmonique 3 produit des couples alternativement décalés de 180°, c'est-à-dire de phase opposée; la résultante par rapport à l'arbre est nulle; il reste une certaine résultante dans chaque moitié d'arbre et il y a surtout une forte tendance de l'arbre à se diviser en six concamérations; cela est impossible si le volant est lourd, mais possible en cas d'accouplement élastique, si l'inertie apparente devient très faible à la fréquence de l'harmonique 3 [1].

On peut chercher à répartir les phases entre les différentes manivelles de manière à réduire au minimum la tendance de l'arbre à vibrer en deux

---

[1] Si les deux extrémités de l'arbre sont libres ou munies de volants à accouplements élastiques annulant les inerties, la division en deux concamérations n'occasionne pas beaucoup de danger de résonance, par suite des faibles inerties mises en jeu; au contraire, si l'on ajoute des volants symétriques aux deux extrémités libres, il peut y avoir une torsion dangereuse au milieu de l'arbre sous l'effet des harmoniques 1 ou 3 (suivant la répartition des manivelles). L'emploi d'un seul volant placé dissymétriquement réduit ce couple dangereux, mais reporte le danger de fatigue du côté du volant restant.

concamérations en annulant les couples résultants des trois premières manivelles et des trois dernières respectivement. On peut obtenir ce résultat pour l'harmonique fondamental en affectant aux manivelles qui se suivent le long de l'arbre à partir du bout libre les phases désignées plus haut respectivement par 1, 3, 5, et 2, 4, 6 (ou 1, 5, 3, puis 6, 2, 4). Mais alors, l'inconvénient qu'on veut éviter est reporté sur l'harmonique 3 car les phases 1, 3, 5 donnent des termes de déphasage angulaire zéro, et les trois manivelles suivantes, des phases décalées de 180° et concordant entre elles.

Il n'en résulte pas de changement pour les autres harmoniques.

4° Quelle que soit la répartition des phases dans les manivelles, les harmoniques 6 ont pour les six manivelles des phases concordantes; c'est donc l'harmonique 6 qui tend à produire un couple perturbateur directement appliqué au volant.

La vitesse de pulsation principale correspond à une période de 2 tours, c'est-à-dire, si l'on appelle N le nombre de tours par minute, à une fréquence de $\frac{N}{2}$ par minute, et par conséquent l'harmonique 6 à une fréquence de 3 N périodes par minute, soit 3600 par exemple pour un moteur de 1200 tours par minute.

La fréquence d'harmoniques ainsi considérée dans la marche à vitesse normale est en général plus élevée que celle qui peut amener la résonance de l'arbre libre et a *fortiori* de l'arbre avec ses volants. Mais il n'est pas nécessaire d'atteindre la résonance pour que la fatigue au voisinage des volants soit beaucoup augmentée comme on l'a indiqué plus haut.

Résonance pendant la mise en marche et battements temporaires. — En outre, les dangers de rupture d'arbre ne sont pas à considérer seulement au régime normal, mais aussi pendant la mise en vitesse; car dans la période d'accélération, le moteur passe successivement par toutes les vitesses de o à ω; chaque harmonique peut donc, dans les conditions dangereuses indiquées ci-dessus, provoquer la résonance au moment où sa vitesse de pulsation est égale à une des vitesses de pulsation propres de l'ensemble arbre-volant.

Bien plus, il peut se produire des battements temporaires qui augmentent encore l'amplitude des torsions dangereuses.

Une fois le régime normal établi, et en supposant que ce régime normal n'oscille pas autour d'une des vitesses critiques, il n'y a pas de phénomène de battement, puisque le battement ne peut exister que par la combinaison de deux oscillations entretenues; et les seules fréquences d'entretien possibles sont celles qui correspondent aux harmoniques des couples, comme

on l'a dit précédemment. Mais si l'amortissement n'est pas très fort et si une résonance se produit pendant la période de mise en vitesse, cette oscillation subsiste un certain temps comme oscillation libre et ses amplitudes, qui vont en décroissant avec le temps, peuvent se superposer avec l'amplitude des oscillations forcées produites par les couples moteurs. Cette superposition d'oscillations peut se traduire, à un certain moment, par une addition des amplitudes et cette addition sera surtout dangereuse quand on passera par un nouveau régime de résonance (1).

Les considérations qui précèdent montrent qu'il y a lieu de se préoccuper dans le problème de tous les harmoniques lorsqu'on a affaire, non seulement à des inerties, mais à des accouplements élastiques.

Influence des couples d'amortissement. — Des couples amortisseurs peuvent réduire, dans une certaine mesure, l'amplitude à la résonance (car alors le dénominateur de celle-ci ne peut pas s'annuler complètement) et les dangers des battements temporaires au cours de la mise en vitesse.

Dans une étude antérieure (2) sur les groupes électrogènes entraînés par moteurs à explosion avec interposition d'accouplements élastiques, j'avais déjà appelé l'attention sur l'opportunité d'introduire dans le calcul l'amortissement de la liaison élastique et cela était facile dans ce cas particulier.

Dans le cas général d'un moteur à plusieurs pistons, l'introduction de termes d'amortissement devient plus compliquée, mais peut cependant être réalisée assez facilement s'ils sont proportionnels aux angles ou à leurs dérivés.

Les amortissements dans un pareil système peuvent *a priori* provenir soit des frottements entre organes fixes et mobiles, soit des phénomènes de frottement intérieur dans le métal des organes soumis à des déformations (torsion et flexion).

1° Les frottements proprement dits se traduisent par des termes constants qui doivent changer de signe quand le déplacement des organes frot-

(1) Ce qu'on vient de dire du moteur à six manivelles peut s'étendre naturellement à un nombre quelconque de manivelles. En particulier pour le moteur à quatre manivelles, on pourra avoir deux régimes différents d'oscillation de l'arbre suivant que les quatre manivelles se succéderont sur l'arbre avec des écarts d'un quart de demi-période (un demi-tour) ou alternativement avec des écarts de un demi-tour et un tour; dans le premier cas, l'arbre tend à se diviser en deux concamérations; dans le second, il tend à se diviser en trois concamérations.

(2) *Bull. Soc. intern. des Électriciens*, t. 12, 1895, p. 18.

tants change de sens : on peut traiter ces frottements qui changent de signe en développant leur courbe représentative formée d'une série d'alternances rectangulaires sous forme d'une série de Fourier (¹). Cette décomposition viendrait encore compliquer notablement le problème; on a déjà dû faire intervenir un développement des couples en série de Fourier.

Mais fort heureusement, on peut s'en dispenser si l'on prend comme couples moteurs les couples corrigés non seulement des effets d'inertie, mais des effets de frottement des pistons dans les cylindres; les autres frottements qui se produisent au passage des arbres dans les tourillons n'interviennent pas, car les oscillations de vitesse n'ont jamais une amplitude suffisante pour changer le sens de la rotation totale ni par suite le signe du coefficient de frottement. L'énergie dépensée en frottement n'est donc pas augmentée par les oscillations et ne modifie pas la perte de frottement moyenne, qui s'ajoute au couple résistant de l'appareil récepteur entraîné; il n'y a donc pas d'amortissement proportionnel aux angles d'oscillation.

2° Les couples d'amortissement dus au frottement intérieur des solides pourront être en première approximation considérés avec Voigt (²) comme proportionnels à la vitesse des torsions ou flexions qui les produisent, et être représentés à chaque instant par des termes de la forme $D\frac{d\theta}{dt}$ en désignant par D des constantes convenablement déterminées. Je montrerai dans une autre Communication qu'on peut alors aisément les introduire en utilisant les notations complexes (imaginaires) que j'ai adoptées dans ma première Note.

En résumé l'emploi d'accouplements élastiques force à examiner de près toutes les conditions de résonance et d'amortissement des arbres à manivelles multiples, avec des solutions plus générales que dans le cas de simples volants.

(¹) Cf. A. Blondel et Carbenay, *Systèmes oscillants à amortissement discontinu* (*Lumière électrique*, 27 novembre, 4 et 11 décembre 1915 et 26 juillet 1916); et A. Blondel, *Oscillations des alternateurs couplés, commandés par des turbo-machines à régulateurs à action directe* (*Comptes rendus*, janvier 1923).

(²) Voigt, *Congrès international de Physique* (1900). Cette hypothèse simplificatrice n'est d'ailleurs pas générale, comme l'a montré en particulier M. C.-E. Guye (*Journal de Physique*, numéro d'avril 1912).

GÉOLOGIE. — *Sur la structure des Chaînes subalpines dauphinoises.* Note (¹) de M. **W. Kilian.**

Dans une précédente Note (²), j'ai montré que la simplicité apparente de structure de nos chaînes subalpines dauphinoises cache en réalité des dispositions tectoniques plus compliquées sur lesquelles M. P. Corbin (³) a également attiré l'attention. Depuis lors, de nouveaux travaux intéressants de M. P. Corbin et une notice de M. Pussenot (⁴) ont apporté — malgré certaines divergences avec nos conclusions dans les interprétations de détail — la confirmation de l'existence dans cette zone de poussées et de chevauchements vers l'Ouest allant parfois, par glissement du flanc inverse des anticlinaux, jusqu'au charriage. D'autre part, des observations de M. Blanchet (⁵) dans la chaîne du Moucherotte et à la Fauge, qui seront prochainement publiées, aboutissent aux mêmes résultats.

Depuis lors, j'ai reconnu un certain nombre de faits qui semblent démontrer encore plus nettement le refoulement des plis subalpins vers l'extérieur de la chaîne et le déversement accentué de la plupart d'entre eux sur des plis « subautochtones » plus occidentaux, eux-mêmes déversés vers l'Ouest.

C'est ainsi que les lignes de contacts anormaux déterminées par ces accidents et interprétées par Ch. Lory comme des *failles verticales*, ne sont en réalité que des surfaces de chevauchement *très inclinées sur l'horizon* et que les anticlinaux décrits jusqu'à présent comme des « voûtes » droites ou peu déversées se révèlent comme des *charnières* de plis *fortement couchés* vers l'Ouest, dont seul le peu de profondeur atteint par l'érosion empêche de reconnaître le flanc inverse.

C'est uniquement grâce à l'abaissement relatif des plis et de leurs axes par rapport au niveau atteint par l'érosion que la structure des chaînes subalpines (⁶) au Sud de l'Arve possède une apparence de simplicité qui, jusqu'à

(¹) Séance du 14 janvier 1924.

(²) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1434.

(³) *Comptes rendus*, t. 173 (novembre 1921) et t. 174 (mars 1922).

(⁴) *C. R. séances Soc. géol. de Fr.*, 25 juin 1923, p. 143.

(⁵) F. Blanchet, *Sur la tectonique des chaînes subalpines aux environs de Grenoble* (*Ann. de l'Université de Grenoble*, t. 34, 1923).

(⁶) Je persiste à employer ce terme, créé et nettement défini par Ch. Lory et non celui de *Préalpes* employé de préférence par les géographes pour l'ensemble de nos

présent, a induit en erreur les observations les plus consciencieuses. En réalité le déversement et l'empiétement des replis de la série sédimentaire qui continue vers l'Ouest et le Nord-Ouest la couverture aujourd'hui décapée des massifs cristallins de la première zone alpine (zone cristalline delphino-savoisienne) se poursuit au Sud de Samoens et d'Annecy et se retrouve jusqu'à la coupure de la Drôme dans le Dauphiné méridional. M. Lugeon a fait remarquer, il y a longtemps déjà, que la direction d'un certain nombre de ces plis subalpins était oblique par rapport aux grands sillons creusés par l'érosion et qu'une notable partie des plis des Beauges ne se continuaient pas par ceux du massif de la Grande-Chartreuse, mais étaient coupés *obliquement* par la vallée de l'Isère. J'ajouterai que sur la rive gauche de l'Isère, la trace de leur continuation peut sans doute être retrouvée dans les replis des assises noires et schisteuses du Lias et de l'Aalénien qui représentent leurs « racines » au pied de la chaîne de Belledonne.

Il convient d'ajouter que lorsqu'on examine avec attention la structure des chaînes subalpines, telles que les a définies Ch Lory, et notamment la coupure naturelle que fournit la vallée de l'Isère en aval de Grenoble et jusqu'à la Buisse, et si l'on tient compte d'un certain nombre de particularités dont quelques-unes ont été signalées par moi en 1921, on arrive à conclure à un *déversement* des *plis successifs* vers l'Ouest, déversement beaucoup plus accentué qu'on ne l'avait admis antérieurement, les anticlinaux se chevauchant visiblement les uns les autres de l'Ouest à l'Est.

Je crois pouvoir dès lors résumer les déductions que j'ai tirées des observations faites depuis deux ans, dans les propositions suivantes :

a. La chaîne du Moucherotte-Trois-Pucelles se présente comme un pli à charnière complexe, charrié et couché vers l'Ouest, mais éventré par l'érosion et laissant voir une partie de son noyau jurassique étiré et faillé (Comboire). Ce pli est couché *sur la continuation sud de l'anticlinal de Sassenage*, ainsi que je l'ai indiqué dès 1921 et comme M. Blanchet l'a confirmé par de récentes observations (1) plus précises.

b. Les assises suprajurassiques de Pont-de-Claix (Rochefort) ne font pas partie, comme l'a mis en évidence M. Blanchet, de ce complexe Connexe-Comboire-Moucherotte, mais d'un complexe *inférieur* (autochtone ?) qui,

---

chaînes calcaires extérieures, alors qu'il a été appliqué en Suisse et dans les Alpes-Maritimes à des segments de ces chaînes *nettement individualisés* par leur origine lointaine et leur nature charriée et qu'il a été expressément défini au point de vue géologique,

(1) BLANCHET (*loc. cit.*).

dans mon interprétation, comprendrait également le Lias et le Trias à masses de gypse et d'anhydrite de Champ, de Vizille et de Laffrey et qui serait séparé du précédent par une surface de charriage ou de discontinuité. Un sondage récent pour la recherche de l'anthracite à Monteynard, a en effet donné des résultats compatibles avec cette manière de voir et n'a pas rencontré, avant d'atteindre les anhydrites (autochtones), les intercalations triasiques du Connexe qui semblent donc n'avoir pas leurs racines à l'Ouest; la chaîne Connexe-Senepy paraît donc faire partie du complexe charrié supérieur (*non gypsifère*) reposant sur du Trias autochtone à gypse et anhydrite.

c. Il existe une ligne de chevauchement importante que l'on peut suivre de la Savoie au Villard-de-Lans, en passant à l'Est de Saint-Jean-de-Couz, au Frou, à l'Ouest du Grand Som et du Charmant-Som, puis sur le flanc ouest du Néron, pour se retrouver au Sud de l'Isère aux Trois-Pucelles et à l'Ouest du Moucherotte, et qui marque le *bord frontal d'un complexe subalpin interne*, charrié vers l'extérieur après le dépôt de la Mollasse burdigalienne.

d. Au Sud de Comboire, on observe un relèvement du plan de charriage sur l'horizon et les anticlinaux suivants se redressent en outre (d'après M. F. Blanchet) au Sud du Col de l'Arc.

e. Plus au Sud encore, du Col Vert à la Grande Moucherolle, la falaise qui constitue le bord est du Vercors et qui domine le bord subalpin coupe obliquement une série de plis *déversés vers le Sud-Ouest* et qui, d'après mes observations, « se relayent » pour ainsi dire le long de cette falaise ([1]).

f. Au Nord de Grenoble, l'anticlinal bajocien de Corenc fait également partie, avec le complexe Saint-Eynard-Mont, Rachais-Bastille-Néron, de l'ensemble « poussé » vers le Nord-Ouest dont le bord frontal a été défini plus haut entre la Savoie et le Néron.

g. La Cluse de l'Isère, entre Grenoble et Moirans, ne doit sa simplicité de structure trompeuse qu'au fait qu'elle correspond ([2]) à une région d'abaissement des plis dans laquelle les charnières anticlinales seules sont visibles et où l'on a considéré à tort les plans de charriage comme des « plis-failles » peu inclinés sur l'horizon

Ainsi les chaînes subalpines représentent la charnière frontale, fortement

---

([1]) M. P. Lory a signalé, en 1923, un *renversement* des assises urgoniennes à la Grande Moucherolle.

([2]) Ainsi que l'a fait remarquer M. F. Blanchet (*loc. cit.*).

plissée, accidentée de lames de charriage et poussée vers l'Ouest et le Nord-Ouest d'un *repli complexe du manteau sédimentaire de la chaîne cristalline delphino-savoisienne* (première zone alpine) [1]; on peut y distinguer des parties charriées d'origine interne et des parties autochtones ou subautochtones externes simplement déversées ou légèrement poussées sur l'avant-pays.

M. CH. LALLEMAND fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *La question du cadastre en France. Le passé et l'avenir.*

M. CH. LALLEMAND fait hommage à l'Académie du compte rendu de la *Première assemblée générale de l'Union géodésique et géophysique internationale réunie à Rome du 2 au 10 mai* 1922 et des *Travaux de la Section de Géodésie de l'Union géodésique et géophysique internationale.* Tome I, publié par le Secrétaire GEORGES PERRIER. *Rapports nationaux et Mémoires originaux.*

CORRESPONDANCE.

Sir CHARLES SCOTT SHERRINGTON et M. FÉLIX LAGRANGE, élus Correspondants pour la Section de Médecine et Chirurgie, adressent des remercîments à l'Académie.

M. LÉON DUSSAULT adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *L'*Analysis situs *et la Géométrie algébrique*, par S. LEFSCHETZ. (Présenté par M. É. Borel.)

---

(1) Voir à ce sujet la coupe transversale schématique, donnée par M. P. Termier, du massif du Pelvoux et du Taillefer et qui s'accorde parfaitement avec cette conception (*Bull. Soc. géol. de Fr.*, 3e série, t. 24, 1896, p. 752, fig. 10); cette coupe a été reproduite par M. Boussac). Plus au Nord-Est le phénomène s'accentue et donne la disposition décrite au Mont-Joly par M. Bertrand et E. Ritter dès 1905.

2° *Les Poissons des eaux douces de l'Afrique occidentale* (*du Sénégal au Niger*). (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

3° *L'Année psychologique*, publiée par Henri Piéron. Vingt-troisième année (1922). (Présenté par M. Henneguy.)

GÉOMÉTRIE. — *Groupes discontinus de mouvements.*
Note de M. **Louis Chomard**, présentée par M. Pierre Termier.

C'est à M. Schœnflies que revient le mérite d'avoir le premier montré l'existence de 230 groupes discontinus de mouvements.

L'objet de cette Note est d'exposer une méthode nouvelle, qui m'a conduit, dès 1918, à la solution du même problème.

Les équations générales d'un mouvement

$$(1)\qquad x' = t + ax + by + cz, \qquad y' = \ldots, \qquad z' = \ldots$$

peuvent s'écrire identiquement, quels que soient α, β, γ,

$$(2)\qquad \begin{gathered}(x'-\alpha) = t + (a-1)\alpha + b\beta + c\gamma + a(x-\alpha) + b(y-\beta) + c(z-\gamma),\\ y'-\beta = \ldots, \qquad z'-\gamma = \ldots.\end{gathered}$$

Posons

$$\tau = t + (a-1)\alpha + b\beta + c\gamma, \qquad \tau' = \ldots, \qquad \tau'' = \ldots.$$

La transformation (2) s'effectue à l'aide d'une opération au point fixe α, β, γ, suivie d'une translation τ, τ', τ''.

L'opérateur, au point fixe α, β, γ, a pour équations

$$x-\alpha = a(x-\alpha) + b(y-\beta) + c(z-\gamma), \qquad y-\beta = \ldots, \qquad z-\gamma = \ldots$$

ou

$$(3)\qquad (a-1)x + by + cz + t - \tau = 0, \qquad \ldots = 0, \qquad \ldots = 0,$$

qui sont distinctes dans le cas d'un centre, se réduisent à deux dans le cas d'un axe, à une dans le cas d'un plan.

α, β, γ pouvant être quelconques, il y a une infinité d'opérateurs pour un mouvement (1) donné.

Si $\tau = \tau' = \tau'' = 0$, l'opérateur est sans glissement.

Si τ, τ', τ'' satisfont aux équations de parallélisme

$$(a-1)\tau + b\tau' + c\tau'' = 0, \qquad \ldots = 0, \qquad \ldots = 0,$$

l'opérateur est avec glissement.

Ceci posé, écrivons un mouvement

(4) $$x' = s + t + ax + by + cz, \qquad y' = \ldots, \qquad z' = \ldots.$$

Les s, s', s'' étant de la forme

$$s = mu + nu' + pu'', \qquad s' = mv + \ldots, \qquad s'' = mw + \ldots,$$

et représentant l'un des 14 modes de sous-groupes de translations S

$$(uvw), \quad (u'v'w'), \quad (u''v''w'')$$

sont trois translations primitives, m, n, p des nombres entiers quelconques.

Tout groupe infini étant isomorphe d'un sous-groupe fini, les a, b, c, ... sont les coefficients correspondants de l'un de ces 32 sous-groupes, ou classes de Mallard.

Les t, t', t'', différentes des s, s', s'', sont ce que j'appelle les translations *résiduelles*. C'est leur détermination qui constitue la principale difficulté du problème.

Partons d'un groupe donné

$$S, \quad M_1, \quad M_2, \quad \ldots, \quad M_j, \quad \ldots, \quad M_n.$$

Les s, ..., t, ..., a, b, c, ..., sont connus.

C'est le groupe *générateur*.

Multiplions-le par une transformation M,

$$x' = t + ax + by + cz, \qquad y' = \ldots, \qquad z' = \ldots.$$

C'est la *génératrice*.

L'ensemble des transformations (GM, G) = G' constitue encore un groupe, le groupe *engendré*, à condition que l'on ait

(5) $$M^p = S, \qquad MGM^{-1} = G,$$

p étant l'ordre de l'axe (direct ou inverse) de M.

La traduction analytique des relations (5) conduit à des équations qui donnent t, ..., a, b, c, ..., de M.

Les a, b, c, ... sont ceux déjà trouvés à l'aide de la seconde relation (5) dans l'étude des groupes finis.

On cherche les solutions communes en t, t', t'', en remarquant que deux solutions t_i et t_j qui diffèrent d'une s ne sont pas distinctes.

Connaissant G', on lui cherche une génératrice M', on engendre (G'M', G') = G'', ainsi de suite.

Les générateurs de départ dans chaque mode sont les groupes S.

Étant donné un *point fondamental* x, y, z, on a les coordonnées x', y', z', de tous ses *transformés*.

Le *domaine complexe* a pour équations les (4) dans lesquelles on fait m, n, p, c'est-à-dire s, s', s'', égaux à zéro.

Ayant trouvé par leurs équations tous les mouvements d'un groupe, on représente géométriquement ce groupe en construisant ses opérateurs (centres, axes et plans ordinaires et de glissement) dont on a en (3) toutes les équations.

On ne distingue que les groupes de dispositions différentes.

On connaît l'importance de la question quant aux études relatives à la constitution interne de la matière cristallisée. J'exposerai ailleurs avec tout le développement qu'elle comporte la théorie dont le principe vient d'être énoncé.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de polynomes.* Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Appell.

Soit γ un nombre quelconque différent d'un entier négatif. Les polynomes en x

$$X_0,\quad X_1(\gamma, x),\quad X_2(\gamma, x),\quad \ldots,\quad X_n(\gamma, x),\quad \ldots$$

formant une suite telle qu'entre deux polynomes consécutifs existe la relation

$$\frac{d X_n(\gamma, x)}{dx} = \frac{n}{\gamma} X_{n-1}(\gamma + 1, x)$$

avec la condition X_0 indépendant de γ, peuvent être considérés comme des généralisations des polynomes de la classe de M. Appell, définis par

$$\frac{d A_n(x)}{dx} = n A_{n-1}(x).$$

La théorie des polynomes $X_n(\gamma, x)$ est dominée par les deux points suivants : posons, comme d'habitude,

$$\Xi(\gamma, x) = 1 + \frac{x}{\gamma . 1} + \frac{x^2}{\gamma(\gamma+1) . 2!} + \ldots,$$

$$\Phi(\alpha, \gamma, x) = 1 + \frac{\alpha}{\gamma}\frac{x}{1} + \frac{\alpha(\alpha+1)}{\gamma(\gamma+1)}\frac{x^2}{2!} + \ldots.$$

Toute suite de polynomes X_n peut se définir, soit par le développement

$$\Xi(\gamma, hx)\,a(h) = \sum_n \frac{h^n}{n!} X_n(\gamma, x),$$

$a(h)$ étant une fonction quelconque développable en série ordonnée suivant les puissances croissantes de h, soit par la formule

$$X_n(\gamma, x) = \int_0^1 \Phi\left(-n, \gamma, \frac{x}{u}\right)(u)^n \psi(u)\,du,$$

$\psi(u)$ étant une fonction quelconque, intégrable entre o et 1.

Je me propose de faire connaître, dans un autre Recueil, les diverses propriétés de ces polynomes, leurs relations avec les polynomes de la classe de M. Appell définis par les mêmes fonctions $a(h)$ ou $\psi(u)$, ainsi que les propriétés de polynomes plus généraux tels que

$$\frac{d}{dx} X_n(\alpha_1, \ldots, \alpha_p, \gamma_1, \ldots, \gamma_q, x) = n\frac{\alpha_1 \ldots \alpha_p}{\gamma_1 \ldots \gamma_q} X_{n-1}(\alpha_1 + 1, \ldots, \alpha_p + 1, \gamma_1 + 1, \ldots, \gamma_q + 1, x)$$

qui se rattachent aux fonctions hypergéométriques d'ordre supérieur.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions méromorphes.* Note de M. **Rolf Nevanlinna**, présentée par M. Émile Borel.

Nous indiquerons dans cette Note certains résultats généraux relatifs aux fonctions méromorphes, qui comprennent comme cas particuliers les théorèmes fondamentaux de la théorie des fonctions entières. Nos résultats se déduisent facilement de la formule générale [1]

$$(1)\qquad \log f(x) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \log|f(\rho e^{i\vartheta})|\frac{\rho e^{i\vartheta} + x}{\rho e^{i\vartheta} - x}\,d\vartheta - \sum_{|a_\mu|<\rho} \log\frac{\rho^2 - \bar{a}_\mu x}{\rho(x - a_\mu)} + \sum_{|b_\nu|<\rho} \log\frac{\rho^2 - \bar{b}_\nu x}{\rho(x - b_\nu)},$$

qui permet de calculer la valeur de la fonction $f(x)$, supposée méromorphe pour $|x| \leqq \rho$, en un point x intérieur à ce cercle, lorsqu'on connaît les

(1) Cf. F. et R. Nevanlinna, *Ueber die Eigenschaften analytischer Funktionen in der Umgebung einer singularen Stelle oder Linie* (*Acta Soc. sc. Fennicæ*, t. 50, n° 5, 1922, p. 7).

valeurs que prend $|f(x)|$ sur la périphérie $|x| = \rho$ ainsi que les zéros a_μ et les pôles b_ν de $f(x)$ intérieurs au même cercle.

1. Soit $f(x)$ une fonction transcendante, méromorphe dans tout le plan fini, et désignons par $n(r, z)$ le nombre des zéros de $f(x) - z$ compris dans le cercle $|x| < r$ et distincts de l'origine, par $N(r, z)$ et $m(r, z)$ les intégrales

$$N(r, z) = \int_0^r \frac{n(t, z)}{t} dt, \qquad m(r, z) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \overset{+}{\log} \left| \frac{1}{f(re^{i\varphi}) - z} \right| d\varphi,$$

où, pour une valeur positive quelconque t, $\overset{+}{\log} t$ désigne la valeur $\log t$ ou la valeur zéro suivant que $t \geqq 1$ ou $t < 1$, et où l'on doit remplacer $f - z$ par $\frac{1}{f}$ dans le cas où $z = \infty$. Posons encore

$$(2) \qquad T(r, z) = m(r, z) + N(r, z).$$

On démontre :

Théorème I. — *L'expression* $T(r, z)$ *définit une fonction croissante de* r *et une fonction convexe de* $\log r$.

A l'aide du théorème connu de M. Jensen, qui se déduit de (1) pour $x = 0$ et qui, avec la notation (2), prend la forme très simple

$$T(r, 0) = T(r, \infty) + c_0 + c_1 \log r,$$

où c_0 et c_1 ne dépendent pas de r, on peut établir cette autre proposition :

Théorème II. — *Quelles que soient les valeurs* a *et* b, *le rapport*

$$\frac{T(r, a)}{T(r, b)}$$

tend vers l'unité lorsque r *croît indéfiniment.*

Nous appellerons *ordre de la fonction méromorphe* $f(x)$ la limite

$$\overline{\lim_{r=\infty}} \frac{\log T(r, z)}{\log r},$$

laquelle, d'après le théorème ci-dessus, ne dépend pas de z. Dans le cas où $f(x)$ est une fonction entière, cette définition se réduit à celle donnée par M. Borel.

Pour les fonctions méromorphes *d'ordre fini*, on démontre cette proposition fondamentale :

Théorème III. — *L'entier* p *étant déterminé de sorte que*

$$\lim_{r=\infty} \frac{T(r, z)}{r^{p+1}} = 0,$$

la fonction méromorphe peut se mettre sous la forme

$$f(x) = x^{\alpha} e^{P(x)} \frac{\pi_1(x)}{\pi_2(x)},$$

où $\pi_1(x)$ *et* $\pi_2(x)$ *désignent des produits canoniques de genre* $\leqq p$, $P(x)$ *un polynome de degré* $\leqq p$ *et* α *un nombre entier.*

Ce résultat renferme, en particulier, le théorème de M. Hadamard, suivant lequel le genre d'une fonction entière ne dépasse pas son ordre apparent.

2. $f(x)$ étant une fonction méromorphe d'*ordre fini*, l'intégrale

$$\int^{\infty} \frac{T(r, z)}{r^{k+1}} dr \tag{3}$$

et par suite aussi l'intégrale

$$\int^{\infty} \frac{N(r, z)}{r^{k+1}} dr \tag{4}$$

sera convergente dès que k dépassera une certaine limite. En posant

$$M(r, z) = \max_{|x|=r} \left| \frac{1}{f(x) - z} \right|,$$

on conclut de (1) que, pour ces valeurs de k, l'intégrale

$$\int^{\infty} \frac{\overset{+}{\log} M(r, z)}{r^{k+1}} dr \tag{5}$$

est également convergente. D'autre part, l'intégrale (4) converge ou diverge en même temps que la série

$$\sum_{\nu=1}^{\infty} \left(\frac{1}{r_\nu(z)} \right)^k, \tag{6}$$

les $r_\nu(z)$ étant les modules des zéros de $f(x) - z$. Donc la convergence de l'intégrale (3) entraîne celle des deux expressions (5) et (6), et comme la réciproque est évidemment vraie, on arrive ainsi au :

Théorème IV. — *La convergence de l'intégrale* (3) *constitue la condition nécessaire et suffisante pour que l'intégrale* (5) *et la série* (6) *soient toutes les deux convergentes.*

En remontant au théorème II, on en conclut encore :

Théorème V. — *Si, pour une valeur donnée* $k > 0$, *l'intégrale* (5) *et la série* (6) *convergent pour une certaine valeur* z, *elles seront convergentes pour toutes les valeurs de* z.

Ce résultat renferme comme cas particuliers les théorèmes suivants de la théorie des fonctions entières :

1° Le théorème de M. Hadamard suivant lequel l'ordre réel d'une fonction entière ne dépasse pas son ordre apparent, sous la forme précise donnée à ce théorème par M. Valiron.

2° Le théorème de MM. Hadamard et Lindelöf, suivant lequel, dans les cas où la série (6) converge, l'inégalité

$$|f(x)-z|>e^{-\varepsilon r^k}$$

est vérifiée, quelque petit qu'on se donne le nombre positif ε, sur une infinité de cercles $|x|=r$ de rayons indéfiniment croissants.

Les théorèmes énoncés ci-dessus subsistent presque sans modifications dans le cas plus général où la fonction $f(x)$ est supposée uniforme et méromorphe seulement dans un certain entourage du point à l'infini.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Un théorème sur les fractions continues.* Note de M. **P.-J. Myrberg**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soient ω un nombre de l'intervalle (0, 1),

$$\omega=\cfrac{1}{b_1+\cfrac{1}{b_2+\cfrac{1}{b_3+\dots}}} \tag{1}$$

son développement en fraction continue et $\frac{P_1}{Q_1}, \frac{P_2}{Q_2}, \dots$ les réduites successives de ce développement. Posons

$$\left|\omega-\frac{P_\nu}{Q_\nu}\right|=\frac{\vartheta_\nu}{Q_\nu^2} \qquad (\nu=1, 2, \dots). \tag{2}$$

On sait que $0\leqq\vartheta_\nu<1$ pour tout indice ν. Nous désignerons par $m(\omega)$ l'ensemble dérivé de l'ensemble (ϑ_ν) et nous démontrerons ce théorème :

Théorème. — *L'ensemble $m(\omega)$ comprend tout nombre de l'intervalle* (0, 1), *sauf dans les cas où ω fait partie d'un certain ensemble Ω_0 de mesure nulle.*

2. Choisissons arbitrairement une combinaison de μ entiers positifs

$$k_1, \quad k_2, \quad \dots, \quad k_\mu, \tag{k}$$

et désignons par $(\omega)_\rho$ l'ensemble des nombres ω pour lesquels l'une au

moins des ρ suites

(3) $$b_{\lambda\mu+1}, \quad b_{\lambda\mu+2}, \quad \ldots, \quad b_{\lambda\mu+\mu} \qquad (\lambda = 0, 1, 2, \ldots, \rho-1)$$

est identique à (k), par $(\omega)'_\rho$ l'ensemble complémentaire de l'intervalle $(0, 1)$. Soit W_ρ la mesure de l'ensemble $(\omega)_\rho$. Nous démontrerons que

(4) $$\lim_{\rho=\infty} W_\rho = 1.$$

L'ensemble des nombres ω pour lesquels les ν premiers dénominateurs $b_1, b_2, \ldots, b_\nu$ ont des valeurs données est constitué par la totalité des nombres de l'intervalle $\left(\frac{P_\nu}{Q_\nu}, \frac{P_\nu + P_{\nu-1}}{Q_\nu + Q_{\nu-1}}\right)$, et sa mesure est donc égale à la longueur de cet intervalle :

$$\Delta(b_1, b_2, \ldots, b_\nu) = \frac{1}{Q_\nu(Q_\nu + Q_{\nu-1})}.$$

La mesure de l'ensemble constitué par ceux parmi les nombres considérés pour lesquels le $(\nu+1)^{\text{ième}}$ dénominateur a la valeur k, est de même

$$\Delta(b_1, b_2, \ldots, b_\nu, k) = \frac{1}{(kQ_\nu + Q_{\nu+1})[(k+1)Q_\nu + Q_{\nu-1}]}.$$

Il s'ensuit

$$\frac{\Delta(b_1, b_2, \ldots, b_\nu, k)}{\Delta(b_1, b_2, \ldots, b_\nu)} = \frac{1+x}{(k+x)(k+1+x)}, \qquad \text{où} \qquad x = \frac{Q_{\nu-1}}{Q_\nu},$$

et puisque $0 < x < 1$, on en conclut, en cherchant le maximum du second membre, que le rapport considéré vérifie les inégalités

$$\varphi_1(k) \leqq \frac{\Delta(b_1, b_2, \ldots, b_\nu, k)}{\Delta(b_1, b_2, \ldots, b_\nu)} \leqq \varphi_2(k),$$

où les expressions φ_1 et φ_2, qui ne dépendent que du nombre k, sont respectivement égales à $\frac{1}{3}$ et $\frac{1}{2}$ si $k = 1$, à $\frac{1}{6}$ et $3 - 2\sqrt{2}$ si $k = 2$, à $\frac{1}{k(k+1)}$ et $\frac{2}{(k+1)(k+2)}$ si $k > 2$ (¹).

Par l'application itérée de ce résultat on conclut

(5) $$\Phi_1(k_1, \ldots, k_\mu) \leqq \frac{\Delta(b_1, \ldots, b_\nu, k_1, \ldots, k_\mu)}{\Delta(b_1, \ldots, b_\nu)} \leqq \Phi_2(k_1, \ldots, k_\mu),$$

(¹) Une question analogue a été traitée par M. Émile Borel dans un Mémoire intitulé *Les probabilités dénombrables et leurs applications arithmétiques* (*Rend. del Circ. mat. di Palermo*, t. 27) et *Leçons sur la théorie des fonctions*, Note V de la deuxième édition.

où les limites $\Phi_1 \equiv \varphi_1(k_1)\ldots\varphi_1(k_\mu)$ et $\Phi_2 \equiv \varphi_2(k_1)\ldots\varphi_2(k_\mu)$ ne dépendent que des entiers qui figurent dans la combinaison (k).

Choisissons $\nu = \rho\mu$ et imaginons l'inégalité (5) écrite pour toutes les suites $b_1, b_2, \ldots, b_\nu$ qui se présentent pour les nombres de l'ensemble $(\omega)'_\rho$. Par un calcul classique, on trouve

$$\Phi_1(k_1, \ldots, k_\mu) \leqq \frac{\Sigma\Delta(b_1, \ldots, b_\nu, k_1, \ldots, k_\mu)}{\Sigma\Delta(b_1, \ldots, b_\nu)} \leqq \Phi_2(k_1, \ldots, k_\mu).$$

Mais, dans ce dernier rapport, le numérateur est égal à $W_{\rho+1} - W_\rho$, le dénominateur à $1 = W_\rho$. Donc on aura

$$\Phi_1(k_1, \ldots, k_\mu) \leqq \frac{W_{\rho+1} - W_\rho}{1 - W_\rho} \leqq \Phi_2(k_1, \ldots, k_\mu),$$

ou bien

$$W_\rho + \Phi_1(1 - W_\rho) \leqq W_{\rho+1} \leqq W_\rho + \Phi_2(1 - W_\rho),$$

d'où résulte l'égalité (4).

3. D'après cette égalité, l'ensemble des nombres ω pour lesquels, quelque grand que soit ρ, aucune des suites (3) ne se confond avec (k), est de mesure nulle, et il en est donc de même de l'ensemble des nombres ω pour lesquels la combinaison (k) ne se présente nulle part dans la suite des dénominateurs $b_1, b_2, \ldots$.

Comme l'ensemble de toutes les combinaisons possibles d'entiers positifs, dont chacune ne comprend qu'un nombre fini d'entiers, est dénombrable, et comme, d'autre part, tout ensemble qui se compose d'une infinité dénombrable d'ensembles de mesure nulle est lui-même de mesure nulle, on conclut de ce qui précède que l'ensemble $E_\lambda^{(k)}$ des nombres ω pour lesquels la combinaison (k) ne se présente pas dans la suite $b_\lambda, b_{\lambda+1}, b_{\lambda+2}, \ldots$ est de mesure nulle, et ensuite qu'il en est de même de l'ensemble

$$E^{(k)} = E_\lambda^{(k)} + (E_{2\lambda}^{(k)} - E_\lambda^{(k)}) + (E_{3\lambda}^{(k)} - E_{2\lambda}^{(k)}) + \ldots,$$

qui se compose des nombres ω tels que la combinaison (k) ne se présente qu'un nombre fini de fois dans la suite $b_1, b_2, b_3, \ldots$. Par une dernière généralisation, en s'appuyant toujours sur les théorèmes rappelés ci-dessus, on arrive à ce résultat :

L'ensemble Ω des nombres de l'intervalle (0, 1) *tels que* TOUTE *combinaison finie d'entiers positifs se présente une infinité de fois dans la suite des dénominateurs $b_1, b_2, \ldots$ du développement* (1), *est de mesure* 1.

4. Or le nombre ϑ_ν qui figure dans (2) peut se mettre sous la forme

$$(6) \qquad \frac{1}{\vartheta_\nu} = \cfrac{1}{b_\nu + \cfrac{1}{b_{\nu-1} + \ldots + \cfrac{1}{b_1}}} + b_{\nu+1} + \cfrac{1}{b_{\nu+2} + \cfrac{1}{b_{\nu+3} + \ldots}}$$

D'après le théorème du n° 3 on en conclut que, si ω est un nombre quelconque de l'ensemble Ω et θ un nombre quelconque de l'intervalle (0, 1), il existe une suite infinie de valeurs de l'indice ν pour laquelle le second membre de (6) tend vers $\frac{1}{\theta}$ et, par suite, ϑ_ν vers θ.

Donc, pour tout nombre ω de Ω, l'ensemble $m(\omega)$ comprend la totalité des nombres de l'intervalle (0, 1). Donc l'ensemble Ω_0 des nombres de cet intervalle pour lesquels cela n'a pas lieu est de mesure nulle.

Il faut d'ailleurs noter que l'ensemble Ω_0 n'est pas dénombrable.

Ce théorème comporte plusieurs applications, par exemple à la théorie des formes quadratiques indéfinies et à celle de la fonction modulaire.

MÉCANIQUE. — *Sur l'énergie interne d'un corps élastique.* Note [1] de M. **Michel Collinet**, présentée par M. Paul Painlevé.

Henri Poincaré [2] et MM. Cosserat [3], dans l'hypothèse de la déformation infiniment petite, ont donné de l'énergie interne une expression prêtant à certaines critiques, car elle dépend d'autres éléments que ceux de la déformation pure. Je me propose, dans cette Note, d'introduire des modifications qui éliminent les paradoxes signalés par Poincaré.

Après la déformation finie, un point $M(x, y, z)$ vient en $M_1(x_1, y_1, z_1)$

$$(1) \qquad x_1 = x + \xi(x, y, z), \qquad y_1 = y + \eta, \qquad z_1 = z + \zeta.$$

Les six relations universelles d'équilibre permettent d'écrire les équations dans le système des variables x_1, y_1, z_1. Pour exprimer les équations avec les variables x, y, z, nous simplifions un long calcul de MM. Cosserat par la remarque suivante : les fonctions $N_1, \ldots, \xi, \ldots$ sont des invariants pour la transformation (1); leurs dérivées se transforment par covariance. Soit Δ le jacobien $\frac{D(x_1, y_1, z_1)}{D(x, y, z)}$.

(1) Séance du 14 janvier 1924.

(2) *Leçons sur l'élasticité, Théorie de la lumière.*

(3) *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse.*

Si H désigne un invariant, on a immédiatement

$$\frac{\partial H}{\partial x_1} = \frac{1}{\Delta}\left[\frac{\partial H}{\partial x}\frac{\partial \Delta}{\partial \frac{\partial \xi}{\partial x}} + \frac{\partial H}{\partial y}\frac{\partial \Delta}{\partial \frac{\partial \xi}{\partial y}} + \frac{\partial H}{\partial z}\frac{\partial \Delta}{\partial \frac{\partial \xi}{\partial z}}\right].$$

Les équations de l'équilibre prennent la forme donnée par M. Brillouin et développée dans le Mémoire déjà cité de MM. Cosserat.

On associe à la déformation les fonctions

$$\alpha_1 = \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{1}{2}\Pi_{xx}, \quad \ldots, \qquad \beta_1 = \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{\partial \eta}{\partial z} + \Pi_{yz} \qquad \ldots,$$

$$\Pi_{uv} = \frac{\partial \xi}{\partial u}\frac{\partial \xi}{\partial v} + \frac{\partial \eta}{\partial u}\frac{\partial \eta}{\partial v} + \frac{\partial \zeta}{\partial u}\frac{\partial \zeta}{\partial v};$$

l'énergie interne du corps est de la forme

$$U = \int W\, d\tau,$$

intégrale étendue au volume non déformé.

Admettons que $W\,d\tau$ ne dépende que des distances mutuelles des molécules situées dans $d\tau$. Soient M et M′ deux molécules dans l'état naturel

$$\overline{MM'}^2 = R = Dx^2 + Dy^2 + Dz^2,$$
$$W\,d\tau = F(R, R', \ldots).$$

Dans l'état contraint, M et M′ viennent en M_1 et M'_1

$$\overline{M_1 M'_1}^2 = R + \rho = (Dx + D\xi)^2 + \ldots.$$

On en déduit

$$\rho = 2(\alpha_1\, Dx^2 + \ldots + \beta_1\, Dy\, Dz + \ldots);$$

l'énergie devient

$$F(R + \rho, R' + \rho', \ldots).$$

Elle ne dépend de la déformation que par l'intermédiaire des ρ. C'est donc une fonction des α et β. Cette proposition est évidemment indépendante de la grandeur de la déformation. Supposons-la infiniment petite.

Nous faisons les approximations classiques :

1° On néglige les carrés et produits des dérivées de ξ, η, ζ, devant ces dérivées elles-mêmes. Cela revient à faire dans les α et β, Π nul, et à négliger dans Δ les termes de degré supérieur au premier.

On en déduit

$$N_1 = \frac{\partial W}{\partial \frac{\partial \xi}{\partial x}}, \qquad \ldots, \qquad T_1 = \frac{\partial W}{\partial \frac{\partial \zeta}{\partial y}} = \frac{\partial W}{\partial \frac{\partial \eta}{\partial z}}.$$

2° P et Q étant des quantités finies, on remplace l'équation

$$P + \xi Q = 0$$

par

$$P = 0.$$

Enfin, admettons que W soit développable suivant des polynomes homogènes en α et β, que nous limiterons à celui du second degré

$$W = W_1(\alpha\beta) + W_2(\alpha\beta). \qquad \text{(I)}$$

Poincaré, considérant W comme fonction des dérivées de ξ, η, ζ, limite le développement aux termes du second degré par rapport à ces dérivées :

$$W = W_1(\alpha\beta) + \frac{1}{2} W_1(\Pi_{xx}, \ldots, 2\Pi_{yz}, \ldots) + W_2(\alpha\beta). \qquad \text{(II)}$$

(I) et (II) diffèrent par le terme $W_1(\Pi)$ irréductible aux α et β et infiniment petit devant les deux autres. Sa présence n'aurait qu'une faible importance si elle n'avait le désavantage d'amener une contradiction avec le fait évident que W ne dépend que des α et β, et, par suite, d'être la cause d'un certain nombre de paradoxes envisagés par Poincaré (l'énergie interne d'un solide indéformable ne serait plus rigoureusement invariable, les tensions ne formeraient plus un tableau symétrique). Son élimination dans (I) fait disparaître ces difficultés et du même coup rend inutiles les tentatives d'explications proposées par l'illustre mathématicien.

ASTRONOMIE. — *Sur la constitution des amas d'étoiles.*
Note de M. C. **Parvulesco**, présentée par M. B. Baillaud.

Dans une étude, faite au Service de la Carte du Ciel de l'Observatoire de Paris, nous avons trouvé que, dans l'amas double de Persée, les grandeurs des étoiles sont incontestablement liées aux types spectraux par la relation que M. Adams a trouvé être vérifiée par les étoiles de notre voisinage immédiat et que les étoiles s'éloignent d'autant plus du centre de l'amas, que le type est plus avancé. Ainsi, tandis que les étoiles du type B sont agglomérées autour du centre, vers la périphérie de l'amas on ne trouve que les étoiles les plus avancées, des types K et M. Il résulte donc une corrélation indiscutable entre le centre de gravitation de l'amas et le type spectral des étoiles composantes. Comme la distribution dans l'espace est presque uniforme dans ces amas, chaque étoile est soumise à une force proportionnelle à la distance au centre prise comme origine des coor-

données et les équations du mouvement sont :

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \lambda x = 0, \qquad \frac{d^2y}{dt^2} + \lambda y = 0, \qquad \frac{d^2z}{dt^2} + \lambda z = 0.$$

Les orbites des étoiles de l'amas sont donc des droites, des ellipses ou des cercles définis par

$$x = a \sin(\lambda t + \alpha),$$
$$y = b \cos(\lambda t + \beta).$$

L'énergie cinétique moyenne (W_m) d'une étoile, pour une révolution complète de durée T, étant définie par

$$W_m = \frac{1}{2} m \frac{\int_0^T V^2 dt}{T}.$$

Nous avons :
pour un mouvement radial,

$$W_m = m \frac{\pi^2}{T^2} a^2;$$

pour un mouvement elliptique,

$$W_m = m \frac{\pi^2}{T^2} \left[1 + \left(\frac{b}{a}\right)^2 \right] a^2;$$

pour un mouvement circulaire,

$$W_m = m \frac{2\pi^2}{T^2} a^2.$$

C'est-à-dire : (1) *La vitesse moyenne* (V_m) *d'une étoile est proportionnelle à l'amplitude de son mouvement.*

D'autre part, le principe de l'équipartition de l'énergie, qui, d'après les observations, est vérifiée dans notre Univers stellaire, est satisfait aussi dans les amas. Car, toutes nos connaissances sur les amas nous autorisent à admettre que la distribution des vitesses est donnée par la loi de Maxwell; alors, N étant le nombre des étoiles de mêmes masses (m) dont les vitesses sont comprises entre u, v, w et $u + du$, $v + dv$, $w + dw$; W_c, l'énergie cinétique totale de l'amas, et $\frac{1}{2} m(u^2 + v^2 + w^2)$ l'énergie cinétique d'une étoile, alors l'énergie cinétique moyenne (W_m) d'une étoile est donnée par

$$W_m = \frac{W_c}{N} = \frac{\frac{3}{2}\frac{A}{c^2}\sqrt{\frac{\pi}{c^2 m}} \int\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-c^2 m(v^2+w^2)} dv\, dw}{A\sqrt{\frac{\pi}{c^2 m}} \int\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-c^2 m(v^2+w^2)} dv\, dw} = \frac{3}{2c^2}.$$

c'est-à-dire

$$\frac{1}{2} m V_m^2 = \text{const.} \tag{2}$$

Des propositions (1) et (2) il résulte que dans un amas *les masses des étoiles sont en raison inverse des racines carrées de leurs amplitudes.*

Comme de l'étude citée les amplitudes des mouvements des étoiles des types B, F, G, et K sont respectivement égales à 1-2-2,5 et 4 il en résulte que les masses des étoiles de ces types sont 1; $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{6,25}$ et $\frac{1}{16}$ et que les étoiles les plus massives (B) ont des vitesses moyennes très petites et s'éloignent très peu du centre et inversement dans les types suivants, les vitesses moyennes augmentent ainsi que les amplitudes de leurs mouvements.

Les deux amas de Persée donc, et d'ailleurs tous les autres amas, dans lesquels la distribution des types spectraux paraît se soumettre à la même loi, en jugeant d'après leurs aspects photographiques, présentent donc une structure stratifiée, ayant les étoiles les plus massives agglomérées vers le centre, tandis que celles des petites masses s'éloignent jusqu'à la périphérie de l'amas.

Dans un groupe quelconque d'étoiles de masses diverses, la loi de distribution des étoiles, ainsi que celle des vitesses, ne se maintiennent pas inaltérées si l'amas n'est pas stratifié.

Car alors le principe de l'équipartition de l'énergie tend à organiser l'amas en imprimant des mouvements de grandes amplitudes et des vitesses moyennes grandes aux étoiles les moins massives et en agglomérant vers le centre les étoiles les plus massives, organisant cette structure stratifiée, qui constitue ainsi une condition nécessaire d'équilibre de l'amas.

PHYSIQUE. — *Sur la loi des états correspondants de van der Waals.* Note de M. L. **Bochet** [1], présentée par M. Ch. Lallemand.

Après avoir établi sa célèbre formule traduisant la relation qui existe entre la pression, le volume spécifique et la température d'un fluide, van der Waals a remarqué que, si l'on en détermine les trois paramètres par les trois conditions qu'on obtient en écrivant que le point critique est, pour l'isotherme correspondante, un point d'inflexion à tangente horizon-

[1] Un mémoire plus détaillé sera publié dans un autre recueil.

tale, et si l'on exprime les trois variables en prenant pour unités les valeurs qu'elles ont audit point critique, l'équation prend la forme « réduite »

$$\left(\varepsilon+\frac{3}{n^2}\right)(3n-1)=8m$$

et est la même pour tous les fluides, ce qu'il appelle le « spécifique » en ayant dans ces conditions disparu.

Il a cru pouvoir déduire de cette remarque que, sous la seule réserve du choix, pour chacun d'eux, des unités caractéristiques sus-indiquées, la relation entre les trois variables est effectivement la même pour tous les fluides et que par suite leurs réseaux d'isothermes sont identiques; il a formulé cette proposition sous le nom de « loi des états correspondants ».

Semblable déduction ne semble pas pouvoir être considérée comme légitime : la faculté d'être transformée en « réduite » n'appartient pas spécialement à l'équation de van der Waals, cela a déjà été remarqué; elle n'est pas même particulière aux équations qui, comme elle, contiennent un nombre de paramètres égal au nombre des variables, ainsi qu'on l'enseigne couramment et qu'on le trouve imprimé dans des ouvrages faisant autorité; elle est en réalité commune à toute relation entre un nombre quelconque de variables, contenant un nombre également quelconque de paramètres.

Pour opérer la transformation, il suffit de mettre en évidence les unités choisies, en désignant chacune des grandeurs variables par le produit de l'unité correspondante et d'une nouvelle variable, qui peut être considérée comme un rapport abstrait. Si l'on incorpore alors les signes représentatifs des unités dans les paramètres de l'équation primitive pour en former de nouveaux paramètres, on pourra prétendre que le « spécifique » a disparu de l'équation et la considérer comme une « réduite » applicable à tous les corps.

Prenons par exemple une équation algébrique entière

$$\Sigma a v^\alpha p^\beta t^\gamma=0$$

et mettons en évidence les unités u choisies pour mesurer les trois variables en posant :

$$v=n u_v,\qquad p=\varepsilon u_p,\qquad t=m u_t.$$

L'équation deviendra

$$\Sigma a u_v^\alpha u_p^\beta u_t^\gamma n^\alpha \varepsilon^\beta m^\gamma=0 \qquad \text{ou} \qquad \Sigma A n^\alpha \varepsilon^\beta m^\gamma=0,$$

forme sous laquelle elle ne contiendra plus que des variables abstraites n,

ε, m, des exposants numériques α, β, γ et des paramètres A, et aura le caractère d'une « réduite ».

Le raisonnement qui précède ne fait aucune hypothèse sur le nombre des termes et par suite des paramètres de l'équation. Ce nombre détermine seulement celui des conditions que l'on peut astreindre la formule à remplir en vue de son adaptation à la réalité physique. S'il n'y a que trois paramètres, cette faculté d'adaptation se trouve entièrement absorbée par les trois conditions géométriques du point critique et l'on ne peut être assuré de l'exacte représentation de la réalité par la formule que dans le voisinage infiniment immédiat de ce point.

Il est bien exact que, déterminés par ces trois conditions, les trois paramètres d'une semblable formule réduite sont indépendants de la nature de tel ou tel fluide; mais, pour pouvoir de cette considération déduire la loi physique des états correspondants, il faudrait tout d'abord avoir établi, pour les fluides auxquels elle s'appliquerait, d'une part que chacun d'eux a un point critique, et d'autre part que la loi de variation de son volume spécifique en fonction de sa pression et de sa température peut se représenter avec exactitude par une formule ne contenant que trois paramètres.

Or semblable démonstration n'a jamais été faite. Au contraire, il a été reconnu depuis longtemps que la formule de van der Waals ne traduit que d'une manière fort inexacte la réalité des faits, notamment pour l'anhydride carbonique, et non seulement pour l'ensemble du réseau de ce corps, mais même pour l'isotherme critique, à laquelle seule se rapportent les trois conditions utilisées pour déterminer les valeurs des paramètres. Quant aux nombreuses autres formules proposées depuis, il ne semble pas qu'aucune donne des résultats beaucoup meilleurs, sinon pour certaines régions limitées du réseau.

Il me semble résulter de ce qui précède que les considérations qui ont amené van der Waals à formuler la loi des états correspondants ne peuvent être regardées comme apportant en faveur de l'exactitude physique de cette loi aucun commencement de preuve, ni même aucun argument véritable.

Cela ne tend pas à dire que cette loi soit fausse ou qu'à son défaut, quelque autre plus ou moins analogue ne puisse être formulée, mais à montrer qu'une semblable loi, si elle existe, est indépendante des formules par lesquelles les propriétés communes aux différents fluides peuvent être représentées; car si ces propriétés sont les mêmes pour deux fluides, la formule, quelle qu'elle soit, qui les traduira pour l'un d'eux les traduira également pour l'autre, et, si elles sont différentes, une formule unique ne pourra pas les représenter.

La question de savoir si et dans quelle mesure les divers fluides suivent des lois semblables de compressibilité et de dilatabilité est donc une pure question d'expérience.

A cet égard de nombreuses comparaisons ont déjà été faites et beaucoup, dans les limites de conditions physiques où elles étaient faites, ont été favorables à l'exactitude de la loi des états correspondants. J'ai cherché à en faire une entre l'eau et l'anhydride carbonique, mais n'ai pu utiliser à cet effet que des données relatives à l'état de saturation de vapeur. Elle m'a donné les résultats suivants :

La loi de variation, en unités réduites de van der Waals, de la tension de vapeur saturée avec la température est analogue pour les deux corps, avec cependant des écarts qui, pour une même température de 0,75 par exemple, dépassent 30 pour 100. Quant aux densités du liquide et de la vapeur à l'état de saturation, elles peuvent être représentées par des courbes d'allure pseudo-parabolique analogue avec même sommet et tangente commune au point critique; mais la courbe de CO^2 est nettement intérieure à celle de l'eau, les densités étant, à la température de 0,8 par exemple, dans le rapport de 0,91 pour le liquide et de 1,57 pour la vapeur. C'est évidemment fort loin de l'identité.

Cette simple constatation montre que la loi des états correspondants n'a pas la généralité absolue qui devrait être son caractère si le raisonnement théorique qui a conduit à l'énoncer était légitime.

OPTIQUE. — *Vérification expérimentale du principe de Wladimir Michelson et du principe de Doppler-Fizeau.* Note (¹) de M. A. **Perot**, présentée par M. Henri Deslandres.

Wladimir Michelson a montré (²) que lorsque, entre une source de lumière et un observateur fixes relativement l'un à l'autre, la lumière se propage dans un milieu d'indice variable avec le temps, les longueurs d'onde sont altérées, tout comme (principe de Doppler-Fizeau) les déplacements relatifs de la source et de l'observateur altèrent les longueurs d'onde.

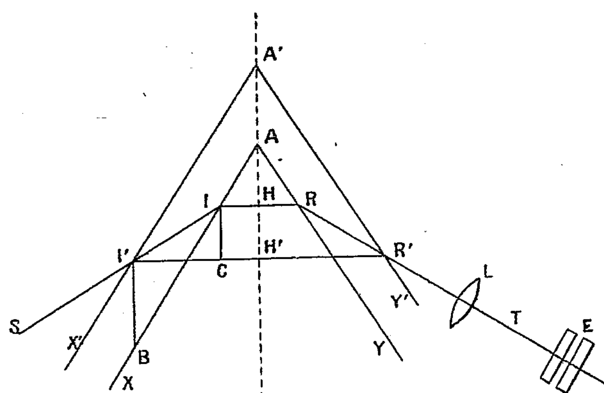
J'ai l'honneur de présenter à l'Académie le résultat des expériences que

(¹) Séance du 14 janvier 1924.

(²) Wladimir Michelson, *Journal de la Société physico-chimique russe*, vol. 21, et *Journal de Physique*, 3e série, t. 10, p. 150.

j'ai faites en vue de vérifier ce principe à l'aide de l'appareil pour la construction duquel l'Académie a bien voulu m'accorder une subvention sur le fonds Loutreuil.

Le principe de la méthode est le suivant : Un faisceau parallèle de lumière monochromatique (lumière de la raie verte d'un arc au mercure dans le vide, S) tombe sur un prisme P sous l'incidence du minimum de déviation ; il traverse ensuite une lentille L, puis tombe sur un étalon interférentiel E de 35^{mm} d'épaisseur dont on observe les anneaux à l'aide d'une lunette à oculaire micrométrique. Si le prisme se déplace perpendiculairement à sa base vers celle-ci, la donnée du trajet de la lumière décroît avec le temps et la longueur d'onde est diminuée ; si le mouvement a lieu en sens inverse, la longueur d'onde est augmentée.



Soit AXY la position du prisme à une époque donnée : une période après il est en A'X'Y' telle que $AA' = v\tau$ (v, vitesse du prisme), un rayon qui dans la première position du prisme suit le chemin SIRT, suit dans la seconde le parcours SI'R'T. C'est la différence de durée de ces deux trajets qu'il faut calculer, c'est-à-dire le double de la différence

$$I'C\,(\text{verre}) - I'I\,(\text{air}) = \Delta;$$

or, le prisme étant au minimum de déviation, on a

$$II' = I'B\frac{\sin r}{\cos i} \quad \text{et} \quad I'C = II'\cos(i-r),$$

d'où

$$\Delta = I'B\sin(i-r) = v\tau\sin(i-r).$$

la variation relative de longueur d'onde est alors

$$\frac{\partial\lambda}{\lambda} = 2\frac{v}{c}\sin(i-r),$$

c étant la vitesse de la lumière.

Pour obtenir un effet mesurable, il faut donner au prisme une vitesse aussi élevée que possible et faire en sorte que $(i-r)$ ait la plus grande valeur; or cet angle croît avec l'angle du prisme. Ceci m'a conduit à prendre des prismes en flint dense d'indice 1,621 pour la raie verte du mercure et d'angle très grand (69°42′). Ces prismes, au nombre de 12, sont placés dans des alvéoles creusées dans la jante d'un volant d'acier parfaitement équilibré que, à l'aide d'un moteur électrique fournissant 4 chevaux-vapeur, on peut faire tourner à grande vitesse dans l'un ou l'autre sens. La distance moyenne des alvéoles à l'axe étant $0^{m},318$, la longueur du chemin parcouru pour 1 tour est 1^{m}. Il a fallu, pour éviter l'écrasement des prismes sous l'effet de la force centrifuge, prendre quelques précautions pour les fixer et intercaler une peau de daim entre le volant et leur face supérieure.

Les mesures ont été faites en faisant tourner le volant successivement dans l'un et l'autre sens à des vitesses sensiblement égales; la constance de l'épaisseur de l'étalon pendant les mesures a été contrôlée à l'aide d'un faisceau de lumière émanée de la source et envoyée sur l'étalon à l'aide de miroirs sans passer par les prismes.

Les résultats de huit groupes de mesures dans lesquelles les différences des vitesses linéaires ont varié de 100^{m} à 213^{m} par seconde sont contenus dans le tableau suivant :

Vitesse en m : sec.....	100	105	140	140	145	147	213	100
$10^8\frac{\partial\lambda}{\lambda}$ Calcul.......	36	38	51	51	52	53	77	36
$10^8\frac{\partial\lambda}{\lambda}$ Observation...	27	29	56	36	45	53	87	36

La moyenne de $\frac{\partial\lambda}{\lambda}$ est :

Calcul.................................. $0,49.10^{-6}$
Observation .... $0,46.10^{-6}$

L'accord entre l'expérience et le calcul est aussi satisfaisant qu'il était permis de l'espérer; on peut donc considérer le principe de W. Michelson comme vérifié quantitativement.

Le même appareil m'a permis de vérifier en laboratoire le principe de

Doppler-Fizeau dont MM. Ch. Fabry et Buisson (¹) ont donné déjà une première vérification par la méthode interférentielle; il suffit de remplacer les prismes par des miroirs et de recevoir sur l'étalon la lumière réfléchie par les miroirs mis en mouvement successivement dans les deux sens.

Les résultats de six groupes de mesures sont les suivants :

Vitesses radiales de la source (m/sec)..		236	249	255	285	277	290
$10^8 \frac{\partial\lambda}{\lambda}$	calculé	78	83	85	96	89	96
	observé	79	87	73	100	82	101

La moyenne des $\frac{\partial\lambda}{\lambda}$ est

Calcul	$0,88.10^{-6}$
Observation	$0,87.10^{-6}$

Ceci constitue une vérification des plus précises du principe de Doppler-Fizeau.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la vérification expérimentale des projections d'électrons prévues, lors de la diffusion des rayons X, par les considérations de Compton et Debye.* Note de MM. **M.** et **L. de Broglie**, présentée par M. Brillouin.

Les idées nouvelles, émises par H. A. Compton, au sujet de la diffusion des rayons X et du changement de longueur d'onde qui en résulte quand un faisceau de radiations de fréquence ν_0 rencontre un atome, font prévoir l'éjection d'électrons avec une vitesse βc et dans une direction faisant un angle φ avec celle des rayons excitateurs.

La méthode bien connue de C. T. R. Wilson permet d'observer les trajectoires isolées des électrons soumis à cet effet photo-électrique. Or il résulte des expériences et des remarques de divers physiciens, en particulier C. T. R. Wilson, P. Auger, Bothe et nous-mêmes que certaines de ces trajectoires paraissent bien correspondre aux effets prévus par Compton, mais la vérification quantitative des prévisions théoriques qui établissent entre β, ν_0 et φ la relation suivante

$$\beta = \frac{2\alpha(1+\alpha)\cos\varphi}{1+2\alpha+\alpha^2(1+\cos^2\varphi)}$$

(¹) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1498. et *Journal de Physique*, juillet 1919.

avec

$$\alpha = \frac{h\nu_0}{mc^2}$$

ne peut bien facilement être suivie par la méthode du brouillard.

L'étude de la déviation magnétique des rayons β secondaires, avec un dispositif analogue à celui que nous avons précédemment employé, semble au contraire permettre de tenter une vérification des prévisions de Compton et Debye. En employant, par exemple, comme rayons excitateurs les rayons K du tungstène et en prenant pour φ une valeur de l'ordre de 25°, les rayons β expulsés auraient encore une vitesse de l'ordre des deux dixièmes de celle de la lumière et pourraient impressionner les plaques photographiques dans les conditions usuelles.

Des électrons d'une catégorie déterminée, s'échappant du radiateur secondaire et traversant la fente de l'appareil, formeront un faisceau corpusculaire, présentant une dispersion de vitesses Δv, qui dépendra de l'angle sous-tendu par la fente et fournira une raie plus ou moins étalée dont la largeur dépendra de $\frac{\Delta v}{\Delta \varphi}$.

Il faudrait évidemment un radiateur très mince pour ne pas troubler les directions de sortie par l'épaisseur que les électrons libérés auraient à traverser et l'intensité pourrait être faible; cependant, l'expérience n'est probablement pas irréalisable.

SPECTROGRAPHIE. — *Sur l'identification des lignes de la série N.* Note de M. V. **Dolejsek**, présentée par M. Brillouin.

L'identification des lignes N (¹) est rendue incertaine non seulement par le manque de concordance et de précision des valeurs calculées à partir des différentes séries de plus courtes longueurs d'onde, mais aussi par le fait que la plupart des lignes ne peuvent être obtenues que pour deux éléments : l'uranium et le thorium. Ce dernier fait est d'autant plus important qu'il rend impossible d'employer le diagramme de Moseley pour déterminer les lignes homologues. On peut augmenter la probabilité des identifications en extrapolant les valeurs des lignes trouvées pour l'uranium et le thorium jusqu'à l'élément le plus proche accessible aux mesures, c'est-à-dire le bismuth, et en comparant les valeurs trouvées par ce procédé aux chiffres

(¹) V. Dolejsek, *Nature*, 6 mai 1922; *Zeits. f. Phys.*, t. 10, 1922, p. 129.

calculés à partir des lignes de la série L d'après le schéma de Bohr-Coster,

En considérant les valeurs extrapolées des lignes du bismuth, nous voyons du premier coup d'œil qu'on ne peut accepter le changement proposé par Hjalmar [1] à l'identification que j'avais indiquée, vu qu'il y aurait contradiction avec les valeurs calculées à partir des niveaux L et M au moyen du principe de combinaison.

Ceci vaut surtout pour la ligne $N_7 O_3$. La fréquence de cette ligne pour le bismuth serait 77,4, ainsi qu'on peut le vérifier par extrapolation. La fréquence rayonnée lors du passage de l'électron du niveau N_7 au niveau O_3 doit être égale à la fréquence de N_7 diminuée de celle de O_3. Or la fréquence du niveau N_7 du bismuth étant 70,6, elle serait plus petite que celle de la ligne $N_7 O_3$. On ne peut donc accepter l'identification des deux lignes de U et Th avec la raie $N_7 O_3$. La même remarque s'applique à la raie $N_6 O_2$.

Dans mon identification des lignes N, j'ai remarqué que la constante de structure fine pour le doublet de relativité $O_1 O_2$ calculée d'après Sommerfeld, semble être plus grande qu'on ne l'avait prévu. Si nous examinons l'exactitude de mes identifications d'après le critérium exposé ci-dessus, nous voyons que les mêmes raisons pour lesquelles il était impossible d'accepter les changements proposés par Hjalmar s'opposent aussi à mon identification des raies $N_5 O_1$ et $N_5 O_2$ car, pour le bismuth, elle soulève les mêmes contradictions.

En tenant compte des lignes nouvelles trouvées par Hjalmar, en étudiant de nouveau les séries M et N, nous pouvons, suivant le nouveau critérium, identifier les lignes de la série N et il apparaît que toutes les lignes prévues par le principe de sélection existent effectivement. On peut le voir dans le Tableau suivant :

	$\frac{\nu}{R}$.					
	Uranium N = 92.		Thorium N = 90.		Bismuth N = 83.	
	D.	H.	D.	H.	D.	H.
$N_7 P_1$..........	105,9	»	97,9	»	69,9	»
$N_7 P_2$..........	104,7	104,8	96,9	96,97	69,4	68,99
$N_6 O_2$..........	90,4	»	»	82,49	»	»
$N_7 O_4$..........	»	87,72	{ 78,9 } { 79,5 }	»	»	»
$N_5 P_3$..........	»	74,43	69,5	69,3	»	»
$N_5 O_{1,2}$..........	71,3	»	»	66,01	»	»
$N_6 O_3$..........	70,9	70,78	»	»	»	»

[1] E. Hjalmar, *Zeits. f. Phys.*, t. 15, 1923, p. 65.

Conformément au principe de sélection, on pourrait prévoir l'existence d'une assez forte ligne $N_5 O_2$ qui, en réalité, ne figure pas parmi les lignes indiquées plus haut. Le fait que, même dans la série M, on n'a pas réussi à séparer les niveaux $O_1 O_2$ tandis qu'on a pu le faire pour $P_1 P_2$ dans la série N, a déjà été signalé par A. Dauvillier et L. de Broglie ([1]), qui l'expliquent en admettant que les niveaux $P_1 P_2$ constituent un doublet régulier et les niveaux $O_1 O_2$ un doublet irrégulier.

Nous aurons un aperçu général sur la justesse de toutes ces considérations en calculant la valeur des fréquences $\frac{\nu}{R}$ des niveaux O et P au moyen de nos identifications.

	$\frac{\nu}{R}$.		
	Uranium.	Thorium	Bismuth.
P_1	1,2	0,1	0,7
P_2	2,4	1,1	1,1
P_3	3,0	1,8	»
O_1	6,1	5,1	»
O_2	5,6	5,9	»
O_3	12,3	»	»
O_4	19,4	18,5 19,1	» »
O_5	25,1	»	»

Nous avons mentionné dès le début l'influence du manque de précision des valeurs calculées pour les divers niveaux sur l'identification des lignes nouvelles. Ce manque de précision se retrouve naturellement dans les valeurs des niveaux nouvellement calculées.

Des recherches ayant pour but d'éclaircir certaines contradictions et de diminuer l'incertitude qui en résulte ont été commencées et seront bientôt publiées.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Forces électromotrices produites par la lumière sur des métaux plongés dans des solutions de leurs sels.* Note de M. G. **Athanasiu**, présentée par M. A. Cotton.

Dans un travail antérieur ([2]) j'ai montré que, si l'on prend le soin de bien purifier le mercure et d'éviter les effets dus à la chaleur, un élément

([1]) A. Dauvillier et L. de Broglie, *Comptes rendus*, décembre 1922.

([2]) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 214.

$Hg-(NO^3)^2 Hg^2-Hg$ ne donne, dans la limite de sensibilité de la méthode de mesure employée, aucun courant électrique quand une des électrodes est éclairée par de la lumière ultraviolette. J'ai repris depuis ces expériences sur d'autres éléments formés par des électrodes métalliques plongeant dans des solutions de leurs sels (pour réduire au minimum les effets de polarisation) et en utilisant un faisceau de radiations beaucoup plus intense.

Les expériences ont porté sur des éléments de Pt, Ag, Hg, Cu, Pb, Ni, Cd et Zn dans des solutions $\frac{1}{4}$ de normales de leurs sels (pour le $PtCl^4$ et pour le $Hg^2(NO^3)^2$ la concentration était moindre).

Les électrodes, qui étaient des lames dont la surface éclairée avait 2^{cm^2} environ pour le platine et l'argent et 10^{cm^2} environ pour les autres métaux, plongeaient dans deux vases identiques réunis par un siphon. Elles étaient soigneusement nettoyées, polies et lavées à l'eau distillée avant l'emploi. Dans le cas du cuivre, j'ai employé aussi des lames recouvertes d'un dépôt électrolytique. Pour le mercure, j'ai utilisé le dispositif décrit antérieurement. Un galvanomètre sensible à 5.10^{-10} ampère permettait de mesurer, par une méthode de compensation, des forces électromotrices de l'ordre du microvolt. Avec les métaux Hg, Cu, Pb, Cd et Zn, on peut faire des mesures immédiatement après la formation des éléments, tandis que pour Pt, Ni, Ag on doit mesurer les forces électromotrices à partir du courant résiduel qui persiste après quelques dizaines de minutes de court-circuit. L'électrode éclairée recevait à travers une couche d'électrolyte de $1^{cm},5$ à 2^{cm} d'épaisseur, la lumière totale d'une lampe à vapeur de mercure dans le quartz (fonctionnant sous 2,75 ampères × 80 volts) placée à une distance de 32^{cm}.

Un premier résultat que j'ai obtenu est que l'actinomètre ainsi formé a une sensibilité qui croît avec le temps écoulé depuis la formation de l'élément.

Un élément $Cu-SO^4Cu-Cu$ est gardé dans l'obscurité et l'on éclaire, à des intervalles de temps réguliers, une de ses électrodes. On trouve que l'électrode éclairée est *négative* par rapport à l'autre et que les forces électromotrices deviennent de plus en plus grandes.

C'est ce que montre le Tableau suivant (la première ligne donne les temps écoulés, en minutes, depuis la formation de l'élément; la seconde, les forces électromotrices négatives correspondantes pour 15 secondes d'éclairement) :

Temps (min.).	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	15.	20.	25.
Force él.-mot. (millivolts).	0,04	0,08	0,11	0,15	0,19	0,23	0,26	0,30	0,35	0,59	0,98	1,77

Pour un élément formé depuis dix jours, la lumière produit une force

électromotrice de —18 millivolts. En même temps on constate une altération des lames de cuivre employées; elles se recouvrent d'une couche rouge brun qui devient verte après quelques jours d'immersion. *C'est à cette altération des électrodes qu'on doit certainement attribuer les forces électromotrices mesurées.* C'est par cette altération qu'on peut expliquer d'ailleurs la variation de tension d'un élément Daniell exposé à la lumière, que Pellat (¹) avait signalée.

Un phénomène semblable a pu être constaté sur le nickel dans SO^4Ni. Cette fois, la couche brune qui se forme rend l'électrode éclairée *positive* par rapport à l'autre. Quelques heures après la formation, la lumière produit entre les électrodes de cet élément une force électromotrice de +4 millivolts et, après 8 jours, une force électromotrice de +22 millivolts. Les électrodes d'un élément Zn-SO^4Zn-Zn se couvrent d'une couche blanche après quelques heures de séjour dans la solution et cette couche rend l'électrode éclairée *positive* par rapport à l'autre, mais les forces électromotrices sont beaucoup moindres que pour les deux cas précédents (0,05 à 0,10 millivolt). Des forces électromotrices légèrement plus grandes que pour l'élément précédent et du même sens peuvent être observées pour l'élément Zn-$(NO^3)^2$Zn-Zn. L'argent dans l'azotate d'argent donne une force électromotrice *négative*. Le cadmium se couvre d'une couche grise qui le rend faiblement *négatif* par éclairement. Les éléments Pt-PtCl^4-Pt et Hg-$(NO^3)^2$ Hg^2-Hg ne montrent d'autre effet que celui produit par l'énergie calorifique du rayonnement. Le plomb dans l'azotate de plomb se conduit d'une manière semblable, quoique sa surface soit visiblement ternie.

On comprend que des altérations chimiques du même genre peuvent se produire plus facilement encore quand les électrodes plongent dans des solutions contenant des cations d'un autre métal que celui qui forme les électrodes. J'ai constaté que, dans ce cas encore, les forces électromotrices varient avec le temps depuis la formation de l'élément et que là encore les électrodes sont altérées. Par exemple, l'élément Cu-SO^4Zn-Cu donne les résultats suivants, l'électrode éclairée étant *négative*, par rapport à l'autre :

Temps depuis la formation en heures........	1/4.	3/4.	17.	21.
Force électromotrice négative en millivolts...	0,5	2,1	8,3	16,6

En résumé, il résulte de ces expériences que *les électrodes de* Ag, Cu, Ni, Cd, Zn *s'altèrent dans des solutions de leurs sels et que la couche ainsi formée jouit des propriétés actino-électriques. Le même phénomène se produit pour des éléments non réversibles.*

(¹) Pellat, *Comptes rendus*, t. 89, 1879, p. 227.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Au sujet d'une Note de M. Demoussy, intitulée : « Sur le déplacement des acides par diffusion ».* Note de M. **Pierre Girard**, présentée par M. Molliard.

Dans une Note intitulée : *Sur le déplacement des acides par diffusion* (1), M. Demoussy fait, au sujet de recherches effectuées par M. Li Shou Houa, sous ma direction, quelques remarques qui lui ont suggéré une élégante expérience. Le travail de M. Li Shou Houa met en évidence certains effets chimiques qu'on peut observer lorsqu'une solution électrolytique complexe, de réaction acide, diffuse vers l'eau pure à travers un septum polarisé (sans source électrique extérieure au système).

L'existence d'un tel champ électrostatique à la limite de séparation de deux milieux a pour conséquence, comme je l'annonçais dès 1914, de modifier considérablement et dans des sens opposés, les mobilités des anions et des cations d'un électrolyte dissocié diffusant d'un milieu vers l'autre; les uns franchissent très aisément la zone correspondant à ce champ (que celui-ci ait ou non un septum pour support), les autres sont, en partie, bloqués au passage. Les conséquences de cet effet de « triage » ne pouvant être de mettre en défaut la loi de l'équilibre électrostatique, des mécanismes compensateurs interviennent qui peuvent se traduire par des modalités chimiques singulières en ce qu'elles semblent en contradiction avec les lois de l'équilibre et de l'affinité.

C'est un exemple de ce genre que donne M. Li Shou Houa, lorsqu'il fait diffuser vers l'eau pure, à travers un septum polarisé, une solution d'un mélange de $BaCl^2$ et d'un acide très peu dissocié HCO^2H.

Dans ces conditions, alors que les ions Cl^- diffusent très aisément vers l'eau, les ions Ba^{++} se trouvent en partie arrêtés au passage; l'équilibre électrostatique exigeant qu'un nombre équivalent d'anions et de cations diffusent en même temps d'un milieu vers l'autre, la dissociation progressive des molécules d'acide formique s'ensuit nécessairement; en sorte que c'est de l'HCl qui diffuse dans l'eau pure.

M. Demoussy, retrouvant des résultats de même nature au cours d'expériences où la diffusion du mélange $CaCl^2 + HCOH^2$ vers l'eau s'effectuait librement, sans l'interposition d'un septum, fut conduit à penser que la

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 208.

différence des conditions expérimentales pouvait peut-être autoriser une interprétation différente des résultats obtenus. Comme nous allons le voir, l'apparent désaccord entre les deux points de vue tient seulement à ce que M. Demoussy n'avait pas eu connaissance de nôtre Note de 1914.

En fait, dans les expériences de M. Demoussy, c'est bien toujours de la dissociation de l'acide formique qu'il s'agit de rendre compte, et l'obstacle apporté dans la diffusion des ions Ca^{++} (les chiffres de M. Demoussy sont à cet égard très significatifs) (¹) et le passage favorisé des ions Cl restent les facteurs de cette dissociation.

Du point de vue ionique, qui est le nôtre, l'interprétation des expériences de M. Demoussy et de M. Li Shou Houa ne saurait différer; il est vrai que dans les expériences du premier auteur, entre les deux milieux eau-solution électrolytique, aucune paroi n'était interposée; mais comme nous le montrions dans notre Note aux *Comptes rendus*, en date du 3 août 1914 (²), ce qui intervient pour modifier sélectivement les vitesses de passage d'un milieu vers l'autre, c'est le champ électrostatique à la limite de ces deux milieux.

Peu importe que ce champ ait ou n'ait pas de septum pour support. Notre Note de 1914 relate des expériences de diffusion vers l'eau pure de solutions de $BaCl^2$ additionnées d'un acide fort (NO^3H) ou bien d'un alcali dans la mesure où le permettait la formation de l'hydrate. Dans le premier cas, lorsque, aucun septum ne compartimentait le système, c'était le passage des ions Ba^{++} qui se trouvait très favorisé par rapport à celui des ions Cl^- (dans les expériences de M. Demoussy, les chiffres qui se rapportent aux tranches liquides inférieures, les plus acides, reproduisent l'ébauche d'un résultat de même sens : à ce niveau c'est le formiate de calcium qui prend le pas sur l'acide chlorhydrique). En cloisonnant le système, la polarisation du septum avait pour effet d'inverser l'orientation du champ électrostatique à la limite des deux milieux; corrélativement, c'était alors le passage des ions Cl^- qui se trouvait considérablement favorisé. Une inversion de sens inverse des mobilités des ions Ba^{++} et Cl^- s'obtenait après cloisonnement par le septum, dans les expériences relatives aux solutions alcalines; le cloisonnement du septum ayant également pour effet d'inverser

(¹) Du moins en ce qui concerne les tranches liquides supérieures du milieu de diffusion.

(²) La date de cette Note, que je n'eus pas la possibilité de recopier et de corriger, explique l'imperfection du texte. En particulier on y devra lire partout *équivalent* au lieu d'*égal*.

l'orientation du champ efficace. La durée de nos expériences était d'environ une heure. Au cours de cette durée la différence de potentiel du système n'avait pas sensiblement varié, condition nécessaire pour des comparaisons précises.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la quantité et la nature des gaz dégagés par les combustibles solides sous l'action de la chaleur et du vide : Houilles.* Note de M. P. Lebeau, présentée par M. H. Le Chatelier.

Le procédé de fractionnement thermique des gaz résultant de la carbonisation des combustibles solides, que nous avons déjà utilisé ([1]), pour l'étude des anthracites, nous a conduit, pour celle des houilles, aux résultats qui font l'objet de la présente Note.

Nos déterminations ont porté sur dix échantillons moyens. Dans les tableaux ci-dessous qui résument nos résultats, ces houilles sont inscrites dans un ordre correspondant à leur richesse croissante en matières volatiles, d'après les données numériques qui nous ont été fournies, soit par M. Malher, soit par la Société du gaz de Paris. Les proportions pour 100 de matières volatiles, sont exprimées, déduction faite des cendres et de l'humidité.

Pour chaque échantillon, on a déterminé, aux diverses températures du fractionnement, non seulement le volume des gaz recueillis, mais aussi la composition quantitative de chacun de ces mélanges gazeux.

Provenance des houilles.	Matières volatiles pour 100.	Cendres pour 100.	Volume total du mélange gazeux extrait en m³ par tonne		Hydrogène total par tonne	
			à 1000°.	à 1100°.	en m³.	en kilogr.
1...	23,33	2,89	331,92	»	242,02	19,36
2...	31,61	2,56	321,88	»	207,43	16,59
3...	32,10	12,90	292,69	306,99	186,10	14,89
4...	32,92	2,26	284,97	»	190,07	15,05
5...	33,50	1,72	309,40	»	205,54	16,44
6...	36,50	10,90	276,63	290,93	186,74	14,93
7...	37,40	3,50	281,23	295,63	183,60	14,68
8...	38,40	16,50	278,25	291,95	177,60	14,21
9...	38,64	2,31	276,57	»	164,62	13,17
10...	39,03	5,07	280,70	»	169,24	13,54

1. Courrières : Saint-François. — 2. Courrières : Joséphine. — 3. Bassin de Durham : Washington. — 4. Courrières : Sainte-Barbe. — 5. Sarre : Altenwald. — 6. Bassin de Durham : Boldon. — 7. Bassin du Yorkshire : Denaby. — 8 Bassin du Pas-de-Calais : Bruay. — 9. Sarre : Amelung. — 10. Sarre : Griesborn.

([1]) P. Lebeau, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 319 et 458.

Dans ce deuxième tableau, les houilles sont désignées par leur numéro d'ordre du tableau précédent.

Composition des mélanges gazeux totaux extraits jusqu'à 1000° en mètres cubes par tonne.

Numéro d'ordre.	H.	CO.	CH^4.	C^2H^6 / C^3H^8.	C^2H^4.	CO^2.	H^2S.	Non dosé.	Volume total.
1..	242,02	18,09	59,21	7,25	1,95	2,64	"	0,75	331,92
2..	207,43	39,85	56,77	7,16	2,89	7,29	0,29	0,10	321,88
3..	186,11	14,86	51,02	8,32	2,25	2,59	1,22	2,32	292,69
4..	190,07	20,96	55,59	8,57	1,37	8,88	0,30	1,37	284,97
5..	205,55	24,30	61,57	10,88	"	4,86	2,00	0,24	309,40
6..	186,74	20,94	48,04	7,90	2,61	3,67	2,54	4,19	276,30
7..	183,60	23,87	51,35	8,63	2,42	5,27	1,98	4,10	281,23
8..	177,60	26,36	48,45	8,91	2,00	9,82	0,73	4,38	278,25
9..	164,62	39,28	50,32	6,80	2,57	8,39	0,52	4,07	276,57
10..	169,23	39,35	48,22	8,28	"	11,33	3,94	0,35	280,70

Les courbes représentatives des fractionnements thermiques de ces divers charbons ne peuvent trouver place ici. Toutes ces courbes présentent un aspect à peu près uniforme. Le dégagement gazeux, dans tous les cas, s'accentue réellement vers 400° où il atteint de 1^{m^3} à 5^{m^3} à la tonne. Les maxima du fractionnement, qui correspondent à 65^{m^3}-80^{m^3}, sont le plus souvent à 700° et parfois moins bien dessinés de 600° à 800°. Au delà de ces températures, les courbes sont rapidement descendantes et à 1000°, les volumes gazeux ont eu comme limites extrêmes 17^{m^3} et 35^{m^3}. Pour quatre échantillons dont le fractionnement thermique a été poussé jusqu'à 1100°, les volumes gazeux sont devenus très voisins et compris entre 13^{m^3} et 14^{m^3}.

Le dégagement des constituants des mélanges gazeux, aux diverses températures du fractionnement, conduit aux remarques suivantes :

L'hydrogène apparaît déjà vers 400°, pour atteindre un maximum à 700° (3 cas) ou à 800° (7 cas). Le dégagement ne s'annule pas à 1100°. La proportion d'hydrogène dans les gaz extraits à 800° a pour limites extrêmes 73 et 91 pour 100.

L'oxyde de carbone se dégage en même temps que l'hydrogène. Le maximum du dégagement s'est produit à 700° (7 cas) ou à 800° (3 cas).

Le méthane se forme aussi vers 400°. Son départ atteint toujours un maximum très prononcé à 600°. Ses homologues : éthane et propane, se rencontrent surtout dans les gaz recueillis à 500°.

Pour l'éthylène, le maximum de dégagement se produit à 500°. Ce carbure disparaît dans les gaz au-dessus de 600°. Cette constatation est parti-

culièrement intéressante pour l'utilisation de l'éthylène provenant des fours à coke pour la synthèse de l'alcool.

La présence de l'acide carbonique a été mise en évidence dans les gaz extraits à 100°. Son départ le plus abondant a lieu toujours à 600°. Ce gaz n'existe plus dans les mélanges gazeux vers 700°-800°.

De l'examen des tableaux on peut, en outre, déduire que lorsque la distillation des houilles se produit par élévation progressive de la température et dans un vide relatif, c'est-à-dire dans les conditions qui se rapprochent de ce que l'on a appelé la distillation à basse température :

Les volumes totaux des gaz extraits sont d'autant plus grands que les charbons sont moins riches en matières volatiles. Les teneurs en hydrogène de ces gaz sont également d'autant plus fortes, que les teneurs en matières volatiles sont plus faibles.

Le poids d'hydrogène fourni par une tonne de houille ainsi traitée est voisin de 15^{kg}, alors que pour les anthracites (types Alais, Pays de Galles), il atteint en moyenne 25^{kg}.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution de l'isatane et de l'isatyde.* Note de MM. **A. Wahl** et **W. Hansen**, transmise par M. A. Haller.

Laurent (¹) obtint l'isatane en faisant bouillir la disulfisatyde avec le bisulfite d'ammoniaque et en détermina la formule $C^{16}H^{12}O^{3}N^{2}$. Plus tard Knop (²), en réduisant l'isatine par l'amalgame de sodium, isola un produit qu'il considéra comme de l'isatane bien que sa composition correspondît à la formule $C^{32}H^{26}O^{6}N^{4}$. Les Ouvrages classiques ont conservé pour l'isatane la formule de Knop (³).

L'analyse élémentaire ne permet pas de décider entre les deux formules, et la faible solubilité du produit rendrait difficile la détermination du poids moléculaire. Seules l'étude des propriétés, et éventuellement la synthèse, peuvent fournir des résultats.

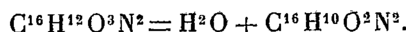
Laurent a constaté qu'en chauffant l'isatane, il perd de l'eau et se transforme en indine. Nous avons opéré cette transformation en chauffant l'isatane au sein de la naphtaline bouillante et avons vérifié la formation de

(¹) Laurent, *Ann. Chim. et Phys.*, 3e série, t. 3, p. 471.

(²) Knop, *Journ. f. prakt. Ch.*, 1re série, t. 97, p. 65, et *Bull. Soc. chim.*, t. 6, 1866, p. 650.

(³) Beilstein, *Handbuch*.

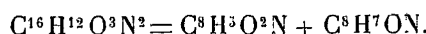
l'indine avec un rendement de 55 pour 100 de la théorie calculée d'après



$$C^{16}H^{12}O^{3}N^{2} = H^{2}O + C^{16}H^{10}O^{2}N^{2}.$$

L'indine est accompagnée d'une certaine quantité d'isatine qui provient vraisemblablement d'une réaction secondaire d'oxydation. Dans cette équation, nous avons admis la formule de Laurent, dont l'exactitude est établie par ce qui suit.

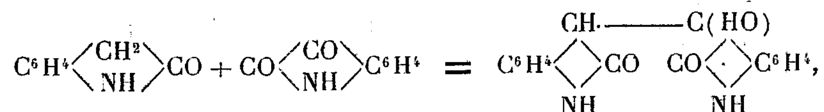
Si l'isatane est représenté par $C^{16}H^{12}O^{3}N^{2}$, il diffère de l'indine ou isoindigotine par une molécule d'eau en plus; mais comme l'isoindigotine résulte de la condensation de l'oxindol avec l'isatine, avec élimination d'eau, il s'ensuit que l'on peut considérer l'isatane comme formé par addition d'une molécule d'oxindol à une molécule d'isatine :



$$C^{16}H^{12}O^{3}N^{2} = C^{8}H^{5}O^{2}N + C^{8}H^{7}ON.$$

Or Stollé (¹) a précisément obtenu des composés de cette nature en condensant l'oxindol et l'isatine substitués à l'azote sous l'influence de la pipéridine. Nous avons ainsi été amenés à essayer cette réaction avec l'oxindol et l'isatine eux-mêmes et avons pu constater que la condensation est presque instantanée et quantitative. Le produit présente la composition et les caractères de l'isatane; en particulier il se transforme en indine quand on le chauffe.

La formation de l'isatane est expliquée par le schéma



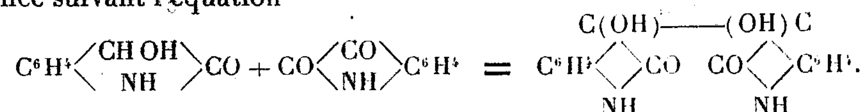
$$C^{6}H^{4}\left\langle\begin{matrix}CH^{2}\\NH\end{matrix}\right\rangle CO + CO\left\langle\begin{matrix}CO\\NH\end{matrix}\right\rangle C^{6}H^{4} = \begin{matrix}CH\text{———}C(HO)\\C^{6}H^{4}\langle\ \rangle CO \quad CO\langle\ \rangle C^{6}H^{4},\\NH \qquad\qquad NH\end{matrix}$$

qui fixe la constitution de ce composé.

La simplicité de cette réaction nous a engagés à l'appliquer au dioxindol. Heller (²) a déjà condensé le dioxindol avec l'isatine et obtenu de l'isatyde. Il opérait au bain-marie et en milieux aqueux, mais la réaction est très lente et reste incomplète, même après 24 heures. Nous avons observé qu'il en est tout autrement au sein de l'alcool et en présence de pipéridine. Ici encore, la réaction se produit immédiatement par l'addition d'une ou deux gouttes de cette base et, en chauffant légèrement, il se précipite une poudre cristalline dont le poids correspond à 90 pour 100 de la somme des composants. L'analyse et les caractères du produit montrent que l'on a affaire à l'isatyde

(¹) STOLLÉ, *Beritche*, t. 57, 1914, p. 2120.
(²) HELLER, *Beritche*, t. 37, 1904, p. 938.

formée suivant l'équation



Nous avons de plus caractérisé l'isatyde en la transformant en dérivé tétracétylé qui a été identifié avec la tétracétylisatyde préparée suivant Kohn et Ostersetzer (¹).

Mais en comparant l'isatyde de synthèse avec celle de diverses provenances nous avons été surpris de constater des différences inexplicables, au début, et qu'une étude approfondie n'a pas tardé à éclaircir.

L'isatyde fut obtenue presque simultanément par Erdmann (²) et par Laurent (³) en traitant l'isatine par le sulfhydrate d'ammoniaque. Pourtant les analyses de ces deux savants étaient très discordantes et elles les conduisirent à des formules différentes : $C^{16}H^{12}O^{3}N^{2}$ pour Erdmann et $C^{16}H^{12}O^{4}N^{2}$ pour Laurent. Plus tard, Heller a montré que l'hydroisatine obtenue par Baeyer en agitant une solution acétique d'isatine avec du zinc en poudre est en réalité identique avec l'isatyde de Laurent. Nous avons préparé de l'isatyde, d'une part en réduisant l'isatine par le sulfhydrate et de l'autre en la réduisant par le zinc. Or la première fournit de l'indine quand on la chauffe alors que la seconde n'en donne pas. Bien mieux, en utilisant pour la réduction un excès de sulfhydrate, indiqué par Erdmann ou bien une petite quantité de ce réactif comme le conseille Laurent on obtient dans le premier cas un produit que le chauffage transforme aisément en indine tandis que dans le second le produit est réfractaire.

Il en résulte que ces deux produits ne sont point identiques, ce qui est confirmé par leurs analyses.

	Isatyde d'après :			
	Laurent.	Erdmann.	Heller.	Calculé $C^{16}H^{12}O^{4}N^{2}$.
C..........	65,0	68,16	64,34	64,8
H..........	4,3	4,43	4,19	4,1

Les chiffres que nous trouvons pour le produit d'Erdmann sont d'ailleurs les mêmes que ceux qu'il a publiés (⁴) et la formule à laquelle ils conduisent

(¹) Kohn et Ostersetzer, *Monatshefte f. Chem.*, t. 37, 1916, p. 25.

(²) Erdmann, *Journ. f. prakt. Ch.*, 1re série, t. 24, 1840, p. 1.

(³) Laurent, *Ann. Chim. et Phys.*, 3e série, t. 3, 1842, p. 471.

(⁴) Erdmann a trouvé C = 68,09; H = 4,44; C = 68,18; H = 4,40; C = 67,60; H = 4,39.

est celle de l'isatane. C'est ce qui explique la facile transformation de ce composé en indine. Enfin cette constatation donne également l'explication du désaccord analytique qui séparait ces éminents chimistes.

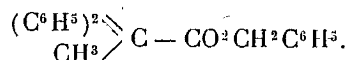
CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation générale des diphénylalcoylacétates de benzyle au moyen de l'amidure de sodium et des iodures alcooliques ainsi que des acides correspondants.* Note de Mme **Pauline Ramart**, transmise par M. A. Haller.

Dans une précédente Communication [1], nous avons montré qu'en milieu éthéré le diphénylacétate de benzyle pouvait être sodé, et que le dérivé métallique ainsi obtenu se condense avec le chlorure de benzyle pour donner naissance au diphénylbenzylacétate de benzyle.

Cette réaction est générale et se prête à la préparation des méthyle, isopropyle, allyle diphénylacétates de benzyle.

Nous avons opéré de la façon suivante : à $\frac{1}{5}$ de molécule de diphénylacétate dissous dans 200g d'éther anhydre, on ajoute $\frac{1}{5}$ de molécule d'amidure finement pulvérisé. La substitution s'opère déjà à froid, mais il faut chauffer doucement quelques heures pour l'achever et faire disparaître la presque totalité de l'amidure. D'une façon générale, on fait tomber l'halogénure sur la solution précédente à froid, puis après avoir chauffé quelque temps à l'ébullition, on ajoute environ 100g de benzène et l'on chasse l'éther. On achève la réaction en chauffant à l'ébullition durant 3 ou 4 heures. Le mélange est ensuite versé dans de l'eau et lavé à deux reprises. La solution benzénique est décantée, séchée sur SO^4Na^2 puis filtrée. Le solvant est chassé et le résidu distillé sous pression réduite. Le liquide aqueux est acidulé pour recueillir l'acide qui a pu se former par suite d'une saponification partielle de l'éther. C'est ainsi que nous avons obtenu :

α.α-diphénylpropionate de benzyle

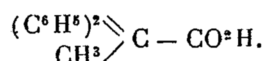


$$\begin{matrix}(C^6H^5)^2\diagdown \\ CH^3\diagup\end{matrix} C - CO^2CH^2C^6H^5.$$

— Ce dérivé méthylé, qui prend naissance comme il vient d'être dit, s'obtient avec d'excellents rendements. Il bout à 230°-233° sous 10mm et cristallise en petits prismes transparents fondant à 71°-72°. Il est très soluble dans l'éther, dans l'alcool à chaud et peu soluble à froid dans ce dernier solvant.

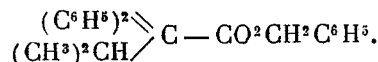
[1] Mme P. Ramart, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 93.

Acide α.α-diphénylpropionique ou *acide méthyldiphénylacétique*



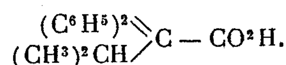
— L'éther précédent, saponifié par de la potasse alcoolique en excès, donne l'acide méthyldiphénylacétique fondant à 173°, acide qui s'est trouvé identique avec celui obtenu par Zincke, puis par Tiffeneau ([1]).

α.α-diphényl-β-méthylbutanoate de benzyle ou *isopropyldiphénylacétate de benzyle*



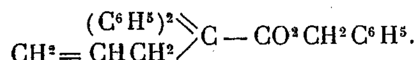
— La réaction s'effectue normalement mais le rendement en produit pur ne dépasse pas 30 pour 100. L'isopropyldiphénylacétate de benzyle bout à 225° sous 2mm et fond à 73°-74°.

Acide α.α-diphényl-β-méthylbutanoique ou acide isopropyldiphénylacétique



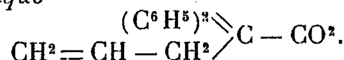
— L'acide isopropyldiphénylacétique obtenu par saponification de l'éther précédent fond à 165°-166°. Nous l'avions déjà préparé par hydrolyse de l'isopropyldiphénylacétonitrile.

Allyldiphénylacétate de benzyle



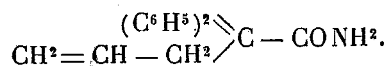
— Ce composé s'obtient avec des rendements presque quantitatifs. Il constitue une huile distillant à 240°-242° sous 10mm.

Acide allyldiphénylacétique



— L'éther précédent, traité par un excès de potasse alcoolique, nous a fourni un acide fondant à 142°. Purifié par cristallisation dans de l'alcool absolu, cet acide se présente sous la forme de beaux prismes très solubles dans l'éther, l'alcool à chaud, moins soluble à froid.

Amide de l'acide allyldiphénylacétique



— Préparé au moyen du chlorure d'acide et de l'ammoniaque, cet amide, après purification dans un mélange d'éther et d'éther de pétrole, se présente sous la forme de cristaux transparents fondant à 90°-92°.

([1]) Tiffeneau, *Annales de Physique et de Chimie*, 3e série, t. 26, 1909, p. 254.

GÉOLOGIE. — *Observations sur la série portlandienne du Boulonnais.* Note (1) de MM. **John Pringle** et **Pierre Pruvost**, transmise par M. Barrois.

Ayant consacré tous deux ces dernières années à l'étude des formations supérieures du Jurassique, l'un dans le Kent et le sud de l'Angleterre, l'autre dans la région de Boulogne, nous avons voulu rendre comparables nos observations et visiter ces différents districts en commun. Cette collaboration nous conduit à un certain nombre de conclusions, résumées dans cette Note sous forme d'un tableau où la succession portlandienne du Boulonnais, avec les subdivisions que nous avons adoptées, est placée en regard d'une série équivalente anglaise, prise dans le Wiltshire.

Observations. — 1° La masse des argiles du Portlandien moyen boulonnais, dites à *Ostrea expansa*, n'est pas une série stratigraphique homogène et continue. Sa partie supérieure, argiles sableuses, glauconieuses et calcaires noduleux, où *O. expansa* et *Perna Bouchardi* abondent, doit en être séparée comme équivalent des Portland Sands (2). Sa faune spéciale d'ammonites, identique à celle de la moitié supérieure des Portland sands, comprend, entre autres formes : *Perisphinctes Nikitini* Sauv. (3) (non Michalski ?) et les énormes *Perisph.* dits « *biplex* » de la Tour de Croï.

2° A la base de cette assise, se trouve le niveau phosphaté de la Tour de Croï (Ph. 3), formé de petits galets de quartz, de quartzite, de fossiles phosphatés roulés et de gros galets de cementstone, arrachés comme les fossiles aux assises antérieures, perforés par les *Gastrochæna* et recouverts d'une croûte phosphatée, le tout emballé dans un sable glauconieux argileux. Des perforations, remplies par ce sable, pénètrent dans les argiles sous-jacentes. Ce niveau renferme, ordinairement roulés, *Perisph. Devillei*, *Per. Boidini* Lor. et *Pallasiceras Lomonossovi* (sensu angl.) provenant de ces argiles inférieures, avec d'autres espèces, portant la trace d'une usure plus longue, telles que *Pall. pallasianum* (auct. angl., nec d'Orb.) qui caractérise une assise du Kimmeridge Clay (Swindon clay) inconnue en place à Boulogne. A ce niveau Ph. 3 disparaissent de nombreux types répandus dans les argiles inférieures (*Protoc. morinicum*, *Modiola autissiodorensis*). Ces faits révèlent un important mouvement de la mer.

3° Sous les argiles grises à *P. Devillei* se trouvent deux autres niveaux phosphatés. Ils semblent représenter aussi de courtes interruptions de la série sédimentaire Ainsi le niveau inférieur (Ph. 1) marque un changement brusque de faune et contient, à l'état remanié, des ammonites inconnues en place dans le Boulonnais, qui, désignées ordinairement sous le nom de *Virgatites*, sont en réalité une espèce,

(1) Séance du 14 janvier 1924.

(2) Ainsi notre étude de paléontologie stratigraphique confirme une opinion émise par E. Pellat, dès 1880.

(3) Figuré sous ce nom par E. Sauvage (*B. S. G. F.*, 4e série, t. **11**, pl. IX, fig. 1).

Divisions françaises.		BOULONNAIS.	Zones d'Ammonites.	WILTSHIRE.	Divisions anglaises.
PURBECKIEN		Calcaire concrétionné à *Anisoc. socialis* (1^{m} à 3^{m})		Purbeck (pro parte)	
PORTLANDIEN SUPÉRIEUR.	Grès à *Trigonia gibbosa* (10^{m})	Sables et grès calcareux à *Cardium dissimile* (4^{m}) Sables et grès calcareux à *Ampullina Ceres* (4^{m})	**Perisphinctes bononiensis** (1) Lor. et **Perisph. giganteus**	Swindon stone and sands (10^{m})	PORTLAND STONE
		Sables et grès calcareux à *Cardium Pellati* (2^{m})	**Perisph. triplicatus** Pavl. (2) **P. pseudogigas, P. Gorei** Salf.	Cockly- and Gorei-beds (1^{m}) Lydite bed	
PORTLANDIEN MOYEN.	Argiles à *Ostrea expansa*	Calcaire graveleux à *Astarte Sæmanni* (2^{m})			
		Calcaires noduleux et argiles sableuses à *Perna Bouchardi* et *Ostrea expansa* (10^{m}) Niveau phosphaté (Ph. 3) de la Tour de Croï	**Perisph. Nikitini** Sauv. gros **Perisph.** dits **"biplex"**	[Lacune]	PORTLAND SANDS
		[Lacune]	**Pallasic. "pallasianum"** (auct. angl.)	Swindon clay (4^{m} à 5^{m})	UPPER KIMMERIDGE CLAY
		Argiles grises fines à *Exogyra dubiensis* (8^{m}) (avec un banc de cementstone à *Lima bononiensis*) Niveau phosphaté (Ph. 2)	**Pallasic. "Lomonossovi"** (auct. angl.) **Perisph. Devillei** Lor.	Devillei-beds (1^{m},50)	
		Argiles schisteuses fines et bancs de cementstone à *Modiola autissiodorensis* (2^{m}) Niveau phosphaté de la Rochette (Ph. 1)	*Wheatleyites eastlecottensis* Salf.; *Pectinatites pectinatus* Phill. **Wheatleyites Pringlei** Pruv. Zone à *Pseudovirgatites*	Swindon: Cemetery-beds (1^{m},30) (=Kimmeridge Oilshales)	
		Argiles schisteuses noires à *Anomya, Astarte scalaris, Orbiculoidea latissima, Alaria cingulata* (8^{m})	Zone à *Virgatites* **Pseudovirg. cf. scruposus** Opp.	Clay: Hill's brickyardd	
PORTLANDIEN INFÉRIEUR.	Grès de la Crèche — sup.	Grès, argiles, calcaires à *Perna rugosa, Cyprina Brongniarti, Harpagodes oceani* (5^{m})	*Gravesia irius* d'Orb.		
	Grès de la Crèche — inf.	Poudingue à *Trigonia Pellati* Grès et sables à *Exogyra virgula, Trigonia Micheloti* (10^{m})	**Perisphinctes Bleicheri** Lor. **Gravesia portlandica** Lor.	Clay: Bazzard's upper pit	
Sommet du KIMMÉRIDGIEN		Argiles schisteuses de Chatillon (29^{m})	**Aulacost. pseudomutabilis**	Oilshales with Clay: Bazzard's lower pit	LOWER KIMM

(1) En **caractères gras**, les espèces d'ammonites reconnues dans le Boulonnais.

(2) Les fossiles qui ont été signalés à ce niveau, dans le Boulonnais, sous les noms de *Virgatites* (*sosia, apertus, scythicus*), sont des individus jeunes des *Per. triplicatus* et *pseudogigas*.

Wheatleyites Pringlei Pruv., très voisine du *W. eastlecottensis* Salf., qui caractérise en Angleterre la zone dite à *Pseudovirgatites*.

4° Les argiles noires à *Astarte scalaris* et *Anomya* n'ont pas livré d'ammonites déterminables, sauf à leur partie inférieure, où, à la surface du Grès de la Crèche, nous signalons la présence d'un *Pseudovirgatites* identique à la forme appelée *P. cf. scruposus* Opp. (1) en Angleterre. Cette assise, avec peut-être la partie supérieure du Grès de la Crèche, représente la zone anglaise à *Virgatites* (2).

Conclusions. — L'étude détaillée des faunes nous a montré que la série portlandienne est rarement complète dans les différents points du bassin anglo-parisien. De légers mouvements de la mer ont parfois engendré de courtes lacunes stratigraphiques (*penecontemporaneous erosion* des géologues anglais), se traduisant par de minces niveaux de galets et fossiles phosphatés roulés (Lydite beds). Leur continuité dans un district donné est un indice de leur importance, mais leur âge peut différer légèrement suivant les lieux considérés.

Nous reconnaissons la trace de tels mouvements dans le poudingue à *Trig. Pellati* et les niveaux phosphatés des falaises de Boulogne; le plus important semble être à la base des Portland sands. Tandis que la succession y paraît continue dans le centre du bassin anglo-parisien (falaise de Kimmeridge, région du Weald), à la périphérie, au contraire, on observe des lacunes à ce niveau. L'arrêt de la sédimentation a débuté à l'est, dans le Boulonnais, où manque au moins la zone à *P. pallasianum*, seulement représentée par des fossiles remaniés à la base des Portland sands. Il s'est produit à la même époque dans le Kent (3), mais un peu plus tard à l'ouest, dans le Wiltshire, où cette zone s'est déposée (Swindon Clay). La sédimentation a repris, à Boulogne, à l'époque des Portland sands, plus tard seulement dans le nord du Kent et le Wiltshire, où le Portland sand manque. A Swindon, le Portland stone à *Trig. gibbosa* repose directement sur les argiles à *P. pallasianum*.

---

(1) C'est vraisemblablement le « *Virgatites* » cité par E. Pellat, à la base de ces argiles dans la tranchée de Terlincthun. Cette forme a été trouvée au même niveau dans le sondage de Brabourne (Lamplugh, Kitchin et Pringle, *Mem. geol Surv.*, 1923, p. 223).

(2) Jusqu'à présent nous n'avons pas encore observé, ni sur le terrain, ni dans les collections boulonnaises, d'ammonites de cette région appartenant réellement au genre *Virgatites* (avec suture et ornements caractéristiques du type : *V. virgatus* v. Buch). Cependant l'existence de ce genre est possible dans ce district, puisqu'on l'a reconnu, quoique très rare (*V.* cf. *zarajskensis* Vichn.) dans le sud de l'Angleterre.

(3) Toutefois les deux sondages du Kent, les plus proches de l'axe du Weald (Penshurst et Pluckney), ont rencontré une série d'apparence complète, où les Portland sands sont représentés par un facies argileux.

GÉOLOGIE. — *Sur les prétendus poudingues du Dinantien du département de la Creuse, et sur les schistes d'Evaux-les-Bains.* Note de M. G. **Mouret**, présentée par M. Pierre Termier.

On a désigné ou décrit sous les noms de grauwackes, de poudingues, de brèches à galets mal roulés, d'agglomérats informes, de schistes métamorphiques, etc., certaines roches incohérentes du département de la Creuse, figurées sur les cartes comme roches sédimentaires, d'âge carbonifère ou dinantien. Ce sont des roches observées à Bourganeuf et à Saint-Michel-de-Vaisse, mais surtout dans la partie du département comprise entre la vallée de la Creuse et celle du Cher.

J'ai signalé antérieurement (1) que parmi ces roches, celles observées à Bourganeuf et à Saint-Michel-de-Vaisse ne sont pas autres que des roches granitiques ou schisto-cristallines écrasées (mylonites) qui s'étendent bien au delà des points où Mallard, le premier, les avait observées, et qui jalonnent des zones de fracture du Massif Central.

Poursuivant l'étude de ces fractures, j'ai été ainsi amené l'été dernier (1923) à visiter la région considérée comme carbonifère, qui s'étend de Glénic vers Ahun, et aussi celle comprise entre La Dapeyre et Chambon-sur-Voueize. J'ai pu alors constater que les poudingues et autres roches incohérentes de ces régions sont aussi là, comme à Bourganeuf, des roches écrasées auxquelles s'associent des roches laminées ou simplement déformées, et que les unes et les autres dérivent tantôt de roches granitiques ou schisto-cristallines, tantôt de roches tufacées (tufs volcaniques et « grès feldspathiques ») d'âge dinantien.

M. De Launay avait, dans sa notice sur la feuille d'Aubusson, signalé l'existence, dans la *zone de Glénic*, de vrais poudingues, déjà observés en 1857 par Mallard. M. De Launay est revenu plus tard (2) sur cette assimilation, et il estime que, d'après ses souvenirs, il se peut que les roches en question soient des roches écrasées. C'est ce que confirment mes récentes explorations, mais je dois ajouter que, autant qu'il est possible d'en juger, ces roches dérivent uniquement du granite. Pour n'en citer qu'un exemple, on peut suivre pas à pas, sur la route de Clédat à Anzème (feuille de Guéret), à partir de Clédat, où le granite est à peu près normal, ses défor-

(1) *Comptes rendus*, 21 mai 1917, 24 novembre 1919 et 6 février 1922.

(2) *Comptes rendus*, 13 mai 1923.

mations graduellement croissantes jusqu'au pont d'Anzème, où le granite est très écrasé.

La zone d'Anzème-Glénic qui bute près du pont, contre la chaîne granulitique de Toulx-Sainte-Croix serait donc, si mes observations sont exactes, une zone purement granitique. Sa largeur qui, sur la route de Guéret à Ajain, où se montrent de belles coupes du terrain, atteint 1500^m, diminue beaucoup au Sud-Est, en même temps que s'atténuent les effets visibles de la déformation. Celle-ci ne se manifeste plus, sur le terrain, que dans de petits lambeaux localisés, isolés les uns des autres, et que Mallard considérait comme autant de minces placages sur le substratum granitique. Il m'a semblé, cependant, que tout le terrain plonge fortement vers le Sud-Ouest.

Dans la région de *La Dapeyre*, la zone des poudingues et grauwackes de Mallard vient aussi buter, près de La Dapeyre, contre la chaîne granulitique du Nord. Les tufs dinantiens sont apparents dans la région, mais ces roches sont souvent déformées, et se présentent même en plusieurs endroits sous forme de mylonites typiques, assimilées précédemment à des poudingues. L'écrasement est tel qu'on se trouve tenté d'assimiler les roches dont il s'agit aux mylonites granitiques de Glénic, mais le passage graduel de ces roches au granite ne s'observe pas et la liaison avec les roches tufacées paraît intime.

A *Chambon-sur-Voueize*, le facies dinantien du terrain, composé de tufs massifs, est plus net qu'à La Dapeyre ; on y a même signalé l'existence de grès qui ne sont, sans doute, que des tufs remaniés. Je n'ai pas vu de véritables mylonites, et d'ailleurs, ni Mallard, ni M. De Launay n'ont signalé l'existence de poudingues. Mais j'ai remarqué notamment, en suivant la route de Barbeyrat, que vers le sud des affleurements, les roches massives dinantiennes sont fracturées, disloquées, ou laminées. Le granite, dans le voisinage a subi aussi des fractures et des laminages ; au sud du Chambon ces laminages lui ont donné une structure gneissique.

On observe, en outre, inclus tout ou moins en apparence, dans le terrain dinantien, des *schistes feldspathiques* à surfaces striées ou cannelées, verticaux ou ayant un fort plongement. Comme les gneiss, ce sont des roches massives visiblement laminées et probablement granulitiques. P. de Cessac les a appelées *stéaschistes*, et Mallard qui les a comprises dans son terrain de transition (carbonifère) considérait leur schistosité comme primitive. Ils ne sont figurés ni sur sa carte, ni sur celle de M. De Launay.

La zone des schistes feldspathiques abandonne, au sud-est de Chambon,

la zone carbonifère et se poursuit en plein massif cristallin. On observe les schistes, par exemple, aux sources d'Evaux, et la venue des eaux thermales s'explique, sans doute, par le croisement de la zone de laminage avec le grand filon de quartz de Saint-Maurice, si bien étudié par M. De Launay (*Les roches éruptives de la Creuse*). Ce filon s'arrête dans les schistes, où il s'est infiltré.

Je n'ai pas suivi, au delà d'Evaux, les schistes feldspathiques. D'après Mallard, ils traversent la vallée du Cher et pénètrent dans le département de l'Allier. Boulanger, dans ses études et sur sa carte, ne les signale pas.

En résumé, et sans vouloir aborder les questions de tectonique, il résulterait des observations que j'ai faites en 1923 à l'Est de la vallée de la Creuse :

1° Que les poudingues, brèches, et autres roches incohérentes, de même que certaines des grauwackes, et certains des schistes, toutes roches attribuées au dinantien et figurées comme telles sur les cartes géologiques, ne sont pas, dans la région visitée, des roches sédimentaires, mais des roches plus ou moins cristallines, écrasées, fracturées, laminées ou déformées;

2° Que la zone d'Anzème-Glénic paraît uniquement composée de granite et ne comprend pas, certainement, de véritables roches sédimentaires, mais que cette zone est une zone de dislocation limitée brusquement, au Nord-Ouest par la chaîne de granulite et le plateau de la Marche, et s'étendant au Sud-Est vers Aubusson où l'on perd ses traces;

3° Qu'il existe une autre zone de dislocation, limitée au Nord, aussi par la chaîne et le plateau de la Marche; qu'orientée N 105° E, elle se tient d'abord à cheval sur la limite sud des dépôts dinantiens et du granite, puis ensuite, uniquement composée de schistes cristallins feldspathiques, et de quelques gneiss, elle s'engage vers Evaux, dans le massif des gneiss granitiques du département de l'Allier et s'y poursuit en s'infléchissant vers le Nord-Est;

4° Que les deux zones de dislocation dont il est question ne pénètrent pas, à en juger par l'allure régulière des amphibolites du plateau de la Marche, sur ce plateau, et que la brusque limitation, au Nord, desdites zones fournit une raison de plus à ajouter à celles qui doivent faire considérer le plateau de la Marche, comme un compartiment distinct, dans le Massif Central de la France.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la découverte d'Orthophragmines dans les « grès de Taveyannaz » du Massif de Platé (Haute-Savoie) et sur ses conséquences.* Note (¹) de M. **Léon Moret**, transmise par M. W. Kilian.

Le complexe des *grès dits de Taveyannaz* qui termine dans les zones subalpines savoisienne et helvétique la série Nummulitique est actuellement considéré comme *Oligocène* et plus particulièrement comme Lattorfien (Boussac, *Thèse*). *Rien n'est plus hypothétique que cette attribution* dont aucune trouvaille paléontologique n'est venue, jusqu'ici, confirmer le bien-fondé.

Or, coup sur coup, *deux découvertes de fossiles* viennent précisément bouleverser nos idées sur l'âge de cette formation.

La première est due à M. Lugeon qui récemment découvrait dans la partie supérieure détritique des grès de Taveyannaz du Massif des Diablerets (dits grès verts), d'authentiques Orthophragmines [2].

De notre côté, nous avons été assez heureux pour trouver, engagées dans un bloc de grès vert éboulé de la crête du Massif de la Croix des Sept-Frères (à l'Est de la Klippe de Saint-Sigismond, au-dessus du hameau des Praz), des Orthophragmines associées à de nombreuses petites Nummulites striées, appartenant probablement au groupe de *N. striatus* [3]. *Cette association est caractéristique du Priabonien et l'âge des grès de Taveyannaz peut donc être considéré comme définitivement fixé* [4].

Ceci étant, deux explications possibles de la présence de grès éocènes au sommet de la série nummulitique viennent à l'esprit :

a. Hypothèse d'une nappe. — Rappelons que, dans la région, les dernières couches fossilifères qui peuvent être déterminées sûrement sont les calcaires à petites Nummulites et Orthophragmines priaboniens. Au-dessus viennent des schistes fins noirâtres ou bleuâtres à Globigérines présentant à leur partie supérieure des intercalations de grès de Taveyannaz moucheté. Quelques lits schistoïdes séparent ce complexe des grès verts à Orthophragmines, durs et parfois conglomératiques contenant toujours les mêmes éléments éruptifs que les grès mouchetés et qui forment les

(¹) Séance du 14 janvier 1924.

(²) M. Lugeon vient d'ailleurs d'annoncer sa découverte à la Société Helvétique des Sciences naturelles [*Sur l'âge des grès de Taveyannaz* (*Actes Soc. Helv. des Sc. naturelles*, 104ᵉ session, Zermatt, 1923, p. 136)].

(³) Découverte faite en compagnie de M. Gignoux et de L. Guillaume au cours d'une excursion des étudiants en géologie de l'Université de Strasbourg.

(⁴) En admettant bien entendu l'opinion classique, à savoir que les Orthophragmines ne survivent pas à l'Éocène.

principaux sommets du Massif (Pointe de Platé, Tête des Prés de Saix, Tête Pelouze etc.).

Dans l'hypothèse d'une nappe, on pourrait considérer les schistes bleus et grès mouchetés qui couronnent le Priabonien comme en place et Oligocènes tandis que les grès verts à Orthophragmines superposés dont les grandes tables, subhorizontales sont sculptées en pyramides, ne seraient que les lambeaux fragmentés (des Klippes), autrefois continus, d'une nappe symétrique de la nappe du Flysch du Niesen, dont on connaît, non loin de là, un authentique représentant au col de Châtillon (1).

Mais, outre qu'il est impossible de mettre en évidence la moindre surface de contact anormal à la base des grès verts, rien ne prouve que les schistes bleus et les grès mouchetés qui, souvent et insensiblement passent aux grès verts à Orthophragmines, soient oligocènes, il y a, au contraire, de fortes présomptions pour qu'ils soient éocènes, surtout si l'on compare ce qui existe en Suisse. D'ailleurs Boussac avait toujours admis que les schistes bleus, souvent et à tort désignés sous le nom de Flysch, étaient priaboniens; de plus, les grès verts en litige ne ressemblent pas du tout aux grès et conglomérats du Niesen.

Ajoutons qu'aux Diablerets, les grès verts enveloppent complètement le front de la nappe, ce qu'ils ne pourraient point faire s'ils étaient d'origine préalpine.

b. Hypothèse d'une série stratigraphique continue. — Nous sommes donc finalement conduit à admettre l'autochtonie des grès verts et, comme leur âge éocène est démontré, à englober dans le Priabonien tout le complexe des schistes à Globigérines et des grès mouchetés (grès de Taveyannaz typique) de base qui font suite aux calcaires à petites Nummulites, et Orthophragmines, autrefois seuls attribués au Priabonien.

Conséquences. — Cette notion nouvelle de l'âge priabonien des grès de Taveyannaz nous porte à vieillir d'autant les éruptions qui ont fourni les éléments essentiels de ces complexes. Duparc et Ritter ont depuis longtemps admis que ces éléments avaient été amenés du Vicentin par des courants. C'est peut-être aller un peu loin et la récente opinion de Niggli qui les fait provenir de la zone du Canavese (où l'on trouve des tufs et porphyres identiques aux débris volcaniques des grès de Taveyannaz) nous semble plus près de la réalité (2).

(1) Brèche lutécienne à gros éléments, grandes Nummulites et Orthophragmines.
(2) NIGGLI, *Bull. Soc. Suisse de Minéralogie et de Pétrographie*, t. 2, 1922.

L'existence de galets de radiolarites et de roches éruptives de faciès dinariques dans les parties conglomératiques du grès de Taveyannaz des environs de Thônes, montre que les zones méridionales alpines étaient *en place dès l'Éocène supérieur*, ce qui est bien en accord avec certaines conclusions de Boussac.

Jusqu'ici, la zone où était localisé l'Oligocène (Lattorfien) dans les Alpes (bord externe du géosynclinal alpin) s'étendait, en longueur, de Castellane à Cluses (Haute-Savoie) en passant par les Déserts près Chambéry et, en largeur, comprenait toute la zone savoisienne (du synclinal des Déserts au bord subalpin) et la zone helvétique autochtone ainsi que les deux nappes helvétiques inférieures (Morcle-Aravis et Diablerets). On ne trouve pas d'Oligocène dans la nappe supérieure (Wildhorn) ainsi que dans les régions plus internes des Alpes occidentales. Mais on en retrouve dans les nappes austro-alpines (Häring, Reit im Winkel). Cette zone oligocène doit donc être rétrécie de toutes les portions savoisienne et helvétique dont il est question, lesquelles étaient déjà annexées par conséquent aux chaînes alpines dès la fin de l'Éocène [1].

L'âge des grès mouchetés du Champsaur et des grès d'Annot qui semblent bien être sur le même horizon stratigraphique que les grès de Taveyannaz et qui couronnent également des talus de marnes et de schistes à faune priabonienne se trouve donc *remis en question*. Ce ne sont certainement que des faciès terminaux de l'Éocène. On sait d'ailleurs qu'en Ligurie et en Piémont, les plis du *Macigno* (grès analogues aux complexes de Taveyannaz) sont recouverts transgressivement par le Stampien auquel ils sont donc très antérieurs.

Ainsi l'on pourrait dire qu'il n'y a *plus, ou presque plus d'Oligocène dans les Alpes occidentales*, ce qui transforme notablement tout un chapitre de l'histoire de la chaîne alpine.

---

(1) Remarquons que, tandis que l'importance de la bande oligocène se trouve ainsi diminuée vers l'Est, on a tendance actuellement à l'augmenter vers l'Ouest d'une zone conquise sur la région molassique suisse. Ainsi, Beck dit (*Mitth. d. natur. ges. Bern*, 1922) que d'après les Mollusques (travaux de Baumberger) et d'après les Mammifères (travaux de Sthelin), la partie inférieure de la « molasse » de Fribourg, Berne, Thoune, est stampienne. D'autre part, si l'on peut discuter sur l'âge des couches de base de ce que Boussac a appelé la « zone oligocène » (ex. : Castellane, Digne), la question ne se pose pas pour la partie supérieure qui représente probablement tout ou partie du Sannoisien et du Stampien; de même pour les Déserts près Chambéry et pour la zone de bordure des Chaînes subalpines entre Annecy et Cluses.

ACTINOMÉTRIE. — *Sur la fraction de l'intensité du rayonnement solaire, transmise, pour les diverses longueurs d'onde, par le verre rouge d'Iéna.* Note de M. **Ladislas Gorczynski.**

Dans une Note (1) précédente, j'ai signalé un fait important qui se dégage de l'ensemble des observations, effectuées pendant mon voyage récent au Siam et Java, à savoir : la diminution progressive de l'intensité de la partie « rouge » de la radiation solaire, quand on va de l'Europe à l'Équateur.

Cette diminution, due surtout à la vapeur d'eau, dépend aussi, dans une certaine mesure, du changement dans la distance zénithale du Soleil à midi, lorsqu'on se rapproche de l'Équateur.

Comme il résulte du tableau numérique donné dans la Note précitée, le quotient de l'intensité partielle [transmise par le verre rouge d'Iéna F. 4512 de $3^{mm},95$ (2) d'épaisseur], par rapport à l'intensité totale, diminue de 50 pour 100 au mois d'août à Montpellier, de 42 pour 100 (juin) dans les montagnes de Java, pour les distances zénithales du Soleil voisines de 30°.

Il importe d'ajouter que, comme partie « rouge » de la radiation solaire, il faut prendre ici toute la partie du spectre transmise par le verre rouge en question. Cette partie embrasse non seulement le rouge, mais aussi l'infrarouge, comme le montre le tableau suivant obtenu avec le dispositif du docteur Moll, Je dois ces valeurs au Dr W.-J.-H. Moll et à M. H.-A.-C. Denier van der Gon.

Il résulte de la table ci-après que le verre rouge d'Iéna F. 4512, utilisé par nous pendant notre voyage équatorial de mars à août 1923, transmet plus de 80 pour 100 de l'intensité totale pour les longueurs d'onde $0^{\mu},8$ et $2^{\mu},5$, en accusant une courbe assez régulière dans cet intervalle. La transmissibilité du verre montre une diminution rapide vers la partie jaune du spectre et devient opaque pour la longueur d'onde $0^{\mu},54$.

---

(1) Voir ma Note précédente (*Comptes rendus*, 22 octobre 1923, p. 754-757), sous le titre : *Sur la diminution de l'intensité dans la partie « rouge » du rayonnement solaire observée entre l'Europe et l'Équateur.*

(2) Par erreur, on a imprimé dans ma Note précédente (page 756, troisième ligne) $3^{mm},5$ au lieu de $3^{mm},95$. De même il y faut lire à la même page 756, ligne 12, « à l'Équateur » (au lieu de « à Varsovie ») et ligne 15, « variation du rouge » au lieu de « variation ».

Fraction du rayonnement transmis, pour les différentes longueurs d'onde λ, par le verre rouge d'Iéna (F. 4512, épaisseur $3^{mm},95$).

λ.	Pour 100.	λ.	Pour 100.	λ.	Pour 100.
μ 0,54	0	μ 0,72	76	μ 2,5	81
0,56	3	0,76	79	(2,8)	(55)
0,58	6	0,80	81	3,0	33
0,62	10	0,9	82	3,5	6
0,64	27	1,0	83	3,5	6
0,66	60	1,35	84	4,0	1
0,69	71	1,8	84	4,4	0

En terminant, nous soulignons encore une fois l'intérêt scientifique et l'importance pratique des mesures de l'intensité du rayonnement solaire dans les différentes parties du spectre. Ce sont surtout ces mesures que j'ai l'intention de poursuivre tout spécialement pendant ma campagne prochaine en Algérie et dans les parties montagneuses du Sahara.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Valeurs des éléments magnétiques à la station du Val-Joyeux (Seine-et-Oise) au 1er janvier* 1924. Note de MM. **L. Éblé** et **J. Itié**, transmise par M. Daniel Berthelot.

Les observations magnétiques ont été continuées en 1923 à la station du Val-Joyeux, dépendant de l'Institut de Physique du Globe de Paris, dans les mêmes conditions que les années précédentes.

Les valeurs des éléments magnétiques au 1er janvier 1924 résultent des moyennes des valeurs horaires relevées au magnétographe Mascart le 31 décembre et le 1er janvier et rapportées à des observations absolues faites par l'un de nous les 29 et 31 décembre, 2 et 3 janvier.

La variation séculaire des différents éléments est déduite de la comparaison entre les valeurs actuelles et celles qui ont été données pour le 1er janvier 1923.

Valeurs absolues et variation séculaire des éléments magnétiques à la station du Val-Joyeux.

(Latitude : 48°49′16″; longitude : 2°0′52″ E. Gr.)

	Valeurs absolues pour l'époque 1923,0.	Variation séculaire.
Déclinaison	12°13′,9	—12′,3
Inclinaison	64°38′,6	— 0′,7
Composante horizontale	0,19655	— 0,00001
» verticale	0,41476	— 0,00022
» nord	0,19209	+ 0,00014
» ouest	0,04164	— 0,00069
Force totale	0,45899	— 0.00019

Ainsi la déclinaison diminue encore rapidement, tandis que l'inclinaison et la composante horizontale sont presque stationnaires.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Polygonacées. Le développement de l'embryon chez le* Polygonum aviculare *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

D'après Lonay ([1]), les processus du développement embryonnaire chez le *Polygonum aviculare* ne seraient nullement conformes à ceux que j'ai déjà observés chez d'autres espèces de la même famille ([2]).

Les deux cellules supérieures juxtaposées de la tétrade proembryonnaire se segmenteraient transversalement pour donner quatre cellules-quadrants disposées dans un plan vertical. Des cloisons longitudinales sépareraient ces quatre cellules en huit octants. Les quatre octants supérieurs se segmenteraient ensuite transversalement, tandis que les quatre octants inférieurs demeureraient momentanément indivis. En même temps les deux cellules inférieures de la tétrade se cloisonneraient, l'inférieure transversalement, la supérieure longitudinalement. Des deux cellules superposées issues de la première, la plus inférieure, plus petite et plus étroite, formerait un crampon attachant le suspenseur à l'épiderme nucellaire, et sa sœur contribuerait, par des recloisonnements successifs, à l'allongement ultérieur du suspenseur; les cellules issues de la seconde seraient destinées à former uue hypophyse, telle que l'a définie Hanstein.

([1]) H. Lonay, *Genèse et anatomie des péricarpes et des spermodermes chez les Polygonacées.* A. Polygonum aviculare *L.* (*Ext. Mémoires de la Soc. roy. des Sciences de Liége*, 3e série, t. 12, 1922, p. 32).

([2]) R. Souèges, *Recherches sur l'embryogénie des Polygonacées* (*Bull. Soc. bot. de France*, t. 66, 1919, p. 168; t. 67, 1920, p. 1 et 75).

Il ne m'a pas été possible de reconnaître le bien-fondé de ces descriptions. Comme le démontrent les figures 1 à 7, il se constitue, chez le *Polygonum aviculare*, un proembryon à seize cellules selon des règles absolument identiques à celles que j'ai exposées au sujet de la Persicaire et des *Rumex*. La tétrade, par bipartition de ses quatre éléments, engendre un proembryon octocellulaire, les deux cellules supérieures juxtaposées donnant, par deux segmentations méridiennes, quatre quadrants disposés dans un plan horizontal, la cellule intermédiaire, *m*, se séparant par une cloison verticale et la cellule inférieure, *ci*, par une paroi transversale. Le proembryon octocellulaire, par bipartition de ses huit éléments, donne à son tour naissance au proembryon à seize cellules, les quadrants, par segmentations transversales, engendrant quatre octants supérieurs *l* et quatre octants inférieurs *l'*, les deux cellules juxtaposées, en *m*, se séparant, par des cloisons méridiennes, en quatre cellules circumaxiales, enfin les deux cellules superposées, *n* et *n'*, se divisant, la première longitudinalement, la deuxième transversalement.

Lonay n'a pas rencontré le proembryon octocellulaire et n'a pu observer son mode de formation. Il n'a pu assister ni à la division des deux cellules supérieures de la tétrade ni à celle de la cellule intermédiaire; il a considéré les deux cellules-sœurs juxtaposées issues de cette dernière comme dérivant par segmentations transversales des deux éléments supérieurs de la tétrade. Là réside la cause initiale de toutes ses interprétations inexactes.

Les destinées des six étages du proembryon à seize cellules ne sont pas, chez le *P. aviculare*, exactement semblables à celles qui ont été indiquées au sujet des autres Polygonacées. La différence la plus importante intéresse l'étage *n*, qui, au lieu de donner la portion centrale de la coiffe, engendre les initiales de l'écorce au sommet radiculaire. Par contre-coup, les destinées de tous les autres étages se trouvent plus ou moins modifiées : aux dépens de *o* se constitue le primordium de la coiffe, aux dépens de *p* le suspenseur; l'étage *m* engendre la portion la plus étendue de l'axe hypocotylé, l'étage *l'* la région supérieure de ce même axe, et l'étage *l*, réduit à deux assises, comme chez le *Myosurus minimus* (1) ou le *Salix triandra* (2), donne naissance à la partie cotylée, plus exactement, aux initiales de l'épiderme et de l'écorce

---

(1) R. Souèges, *Recherches sur l'embryogénie des Renonculacées* (*Bull. Soc. bot. de France*, t. 58, 8 décembre 1911, p. 720).

(2) R. Souèges, *Embryogénie des Salicacées. Développement de l'embryon chez le* Salix triandra *L.* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1234).

de la stèle, au méristème cortical interne et au méristème vasculaire des cotylédons.

Toutes ces modifications permettent de rapprocher l'embryon du *Polygonum aviculare* de celui de l'*Urtica pilulifera* (¹). Dans les deux cas, les

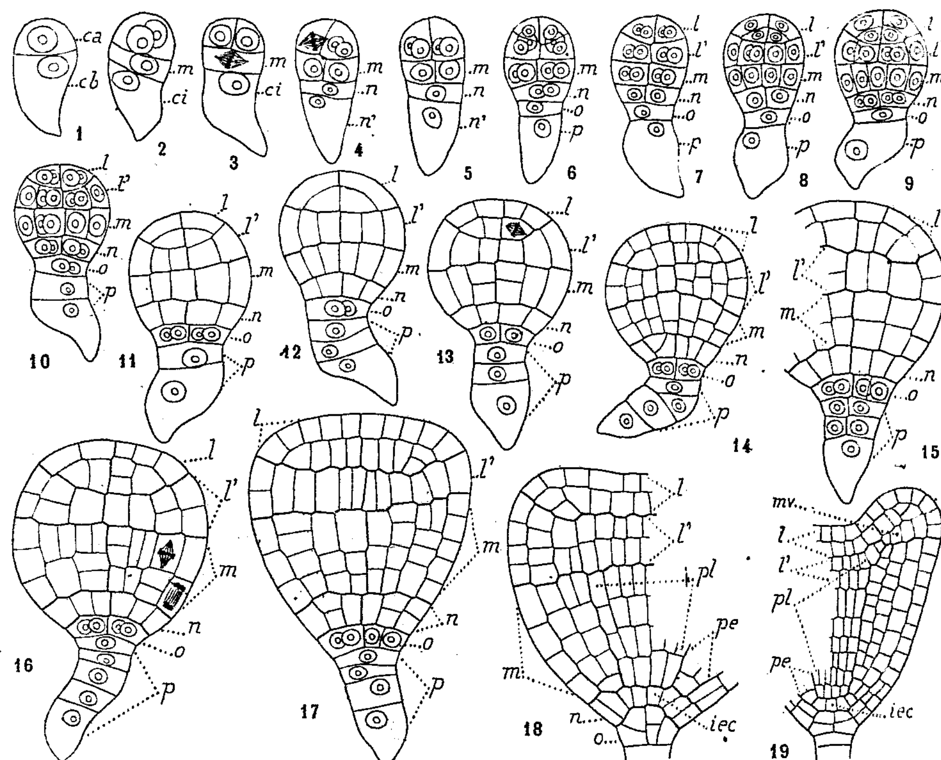


Fig. 1 à 19. — *Polygonum aviculare* L. — Les principales étapes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb* ou cellule intermédiaire et cellule inférieure de la tétrade; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*; *l*, *l'*, *m*, *n*, *o* et *p*, les six étages du proembryon; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *mv*, méristème vasculaire du cotylédon; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire. G. = 375; 190 pour la figure 19.

destinées des trois étages inférieurs sont identiques; le développement de l'étage *m*, la part que semble apporter l'étage *l'* à la construction de la région cotylée font encore apparaître les analogies les plus frappantes.

Par l'examen attentif des figures 8 à 19 on peut voir comment se succèdent les parois de segmentation dans les différents étages du proembryon

(¹) R. Souèges, *Développement de l'embryon chez* l'Urtica pilulifera *L.* (*Bull. Soc. bot. de France*, t. 68, 1921, p. 172 et 280).

à seize cellules; au moment de la formation des cotylédons, les coupes longitudinales passant très exactement par l'axe de croissance de ces jeunes organes prouvent que le méristème vasculaire cotylédonaire tire bien son origine de l'étage *l*.

On peut conclure, en somme, que, par le développement de ses formes proembryonnaires, l'embryon du *Pogylonum aviculare* appartient incontestablement au type déjà défini des Polygonacées, mais que, par les destinées de ses étages, il représente un terme de passage intéressant entre ce type et celui de *l'Urtica pilulifera* ou des Composées.

BOTANIQUE. — *Sur un Pleurote des prairies alpines*. Note de MM. **Jules Offner** et **Roger Heim**, présentée par M. L. Mangin.

On récolte, en automne, dans les prairies de la région du Lautaret (Hautes-Alpes), un Pleurote qui y croît en grande abondance et dont l'hôte exclusif est le *Laserpitium latifolium*. Ce Champignon est identique à celui qui, dans la Vanoise, pousse sur l'*Eringium alpinum* et à propos duquel M. J. Costantin a présenté plusieurs Communications à l'Académie des Sciences (¹).

Observant ce Champignon depuis longtemps, nous pouvons compléter sur plusieurs points les remarques de M. Costantin, qui ne concordent pas toujours avec les nôtres.

M. Riel semble avoir été le premier à signaler, dans les Alpes du Dauphiné, la présence de ce Pleurote qu'il a trouvé, en 1909, dans la haute vallée du Guil, vers 2000^{m}, sur *L. latifolium* (²). A la différence des montagnards de la Vanoise, les Queyrassins connaissent bien la valeur alimentaire de ce Champignon qu'ils consomment sous le nom d'*onglet*. Il en est de même dans les hautes vallées de la Romanche et de la Guisane, notamment au Lautaret où, l'automne dernier, plus de 500^{kg} ont été récoltés. Comme le Petit Mont-Blanc de Pralognan, les prairies du Lautaret pouvaient être comparées, suivant l'expression de M. Costantin, à « une immense meule à Champignons ». Lui-même a proposé de faire sécher ces Pleurotes qui pourraient « servir à un trafic commercial ». Cette pratique est courante au Lautaret et dans le Briançonnais, d'où la marchandise est expédiée à Grenoble et vendue pendant l'hiver.

(¹) Séances des 3 octobre 1921, 5 et 12 novembre 1923.

(²) *Ann. Soc. Bot. de Lyon*, t. 34, 1909.

En Savoie, en dehors de la région de Pralognan, où M. Costantin a trouvé ce Champignon sur un hôte nouveau et où sa fréquence nous a été signalée sur *L. latifolium* (1), MM. Burlet et L. Truchet l'ont récolté aux environs de Saint-Jean-de-Maurienne, dans les prairies de Villarembert, du mont Corbier (1800^m), etc., toujours sur le même hôte. Il a été trouvé, d'autre part, au Salève par J. Jacottet, sur *L. Siler*, d'après Ch.-Ed. Martin qui l'a lui-même observé en Suisse sur un *Laserpitium*, qui pourrait être un *L. Panax* (2); là aussi il est consommé par les montagnards, depuis que Martin en a fait connaître la comestibilité. Dans le haut Jura, la même espèce, sur *L. latifolium*, est aussi largement utilisée sous le nom de *frenoulet* (3), qui rappelle certaines désignations du *Pleurotus Eryngii*.

L'aire alpine de notre Champignon comprend, d'après nos données actuelles, les Alpes liguriennes et maritimes, celles du Queyras et du Briançonnais, la haute Romanche, une partie de la Maurienne et de la Tarentaise, la vallée de la Dranse de Ferret, et des localités isolées, comme le Salève, le Peuil de Claix, près de Grenoble (4).

Riel, Bataille, Saccardo, Martin regardent le Pleurote du *L. latifolium* comme identique au *P. nebrodensis*, qui croît dans la région méditerranéenne sur d'autres Ombellifères, et se distingue à peine du *P. Eryngii*. M. Costantin, au contraire, fait du Pleurote de l'*E. alpinum* une espèce ou variété distincte qu'il appelle *P. Hadamardii*, sans d'ailleurs en préciser les caractères. Sans entrer ici dans des discussions d'ordre systématique sur lesquelles nous reviendrons ailleurs, qu'il nous suffise de dire qu'il nous paraît impossible, après étude d'échantillons de provenances diverses, de distinguer spécifiquement ces divers Pleurotes. D'ailleurs, Patouillard (5) et Saccardo on rattaché les *P. nebrodensis* et *P. Ferulæ* au *P. Eryngii*. Selon nous, on se trouve là en présence de simples formes biologiques et stationnelles du *P. Eryngii* (6).

Le fait de Phanérogames méditerranéennes remontant dans les Alpes est assez fréquent pour qu'il n'y ait pas lieu de s'étonner qu'un Champignon se comporte de même. Des renseignements que nous avons commencé à réunir

---

(1) Par M. Kuhner, membre de la Société mycologique de France.
(2) *Bull. Soc. Bot. de Genève*, 2e série, t. 9, 1917, et *in litt.*
(3) Renseignement de M. Patouillard.
(4) Sur la bordure occidentale de la chaîne du Vercors.
(5) *Bull. Soc. myc. de France*, t. 9, 1888, p. 72.
(6) Formes adaptées à des hôtes divers, soumises à des conditions climatiques variées.

sur la distribution géographique du *P. Eryngii*, en comprenant cette espèce dans son sens le plus large, nous concluons qu'il s'agit d'une espèce méditerranéo-atlantique, poussant des avant-postes d'une part dans les Alpes et le Jura par la vallée du Rhône, d'autre part dans le nord de la France et jusqu'en Hollande.

Il reste à élucider l'intéressante question des rapports du Pleurote avec ses hôtes, sur laquelle M. Costantin a émis une théorie nouvelle. La plupart des auteurs qui ont observé le *P. Eryngii* spécifient qu'il vit sur souches *mortes* du Chardon Roland et nous avons constamment trouvé celui du Lautaret sur souches *mortes* de *L. latifolium*. Après avoir écrit en 1921 que « l'Ombellifère est toujours tuée et décomposée depuis longtemps, certainement au moins depuis l'année précédente, quand la fructification du Cryptogame se développe », M. Costantin dit plus tard que le Champignon croît « lorsque *la plante support n'est pas morte*, mais après qu'elle a été brusquement troublée par le *fauchage* ». Il y aurait là, d'après lui, un phénomène de parasitisme occulte ou même de symbiose, l'apparition des fructifications étant subordonnée à l'intervention du faucheur qui, en mutilant les Ombellifères, rend la maladie extérieurement visible en provoquant la production des carpophores.

A propos de cet intéressant problème soulevé par M. Costantin, il nous semble hasardeux, devant les observations contradictoires précédentes et avant que des expériences aient été entreprises, de conclure au parasitisme plutôt qu'au saprophytisme. Quant à l'action du fauchage, elle est loin d'avoir l'importance qui lui a été attribuée, les Pleurotes du Lautaret étant surtout abondants dans les prairies non fauchées, jusqu'à 2300^{m} sur les pentes du Signal du Villar-d'Arène où le Champignon suit avec constance la plante hospitalière jusqu'à la limite supérieure de cette Ombellifère. Enfin, les chutes automnales de neige n'entraînent pas la disparition du Pleurote, car nous avons pu observer son développement sous la neige, dont la fonte est même suivie de nouvelles poussées du Champignon.

Une remarque s'impose à propos des essais de propagation de ce Pleurote dans les hautes vallées alpines, dont M. Costantin a émis l'idée. Le *L. latifolium* étant beaucoup plus répandu dans les Alpes françaises que l'*E. alpinum*, c'est plutôt avec la première espèce que des expériences pourraient être tentées. Il reste à savoir si elles seraient pratiquement réalisables.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Un pupillomètre permettant la mesure de la pupille en lumière dosée*. Note de M. ANDRÉ BROCA, transmise par M. André Blondel.

Grâce aux ressources actuelles offertes par l'industrie des lampes, on peut transformer le pupillomètre connu de Fick et Robert Houdin en un instrument qui permet la mesure de la pupille en pleine lumière.

Je rappelle que ce pupillomètre se compose de deux trous sténopéiques percés dans une paroi opaque, et à écartement variable. On place ces deux petits trous à petite distance de l'œil; ils donnent alors chacun une tache de diffusion. Quand l'œil observateur est désaccommodé et que la distance des deux petits trous est égale au diamètre pupillaire, les deux taches de diffusion sont tangentes entre elles. Cela tient à ce que les deux rayons limites passant respectivement par le centre de chaque trou et le bord pupillaire correspondant sont parallèles dans ce cas. Ils convergent donc sur la rétine de l'œil désaccommodé, et les cercles de diffusion sont respectivement en dessus et en dessous de chacun d'eux. Ils sont donc tangents.

Si les deux trous sont à écartement plus grand que le diamètre pupillaire, les deux taches se séparent; s'ils sont à écartement plus petit, les deux taches empiètent l'une sur l'autre.

On a donné diverses formes à cet appareil, qui, comme tous les pupillomètres, sauf celui de MM. Kofmann et Bujadoux, avait jusqu'ici l'inconvénient de placer l'œil dans un champ obscur.

Actuellement, on peut avoir de petites lampes électriques de grand éclat permettant, au moyen d'un diffuseur ou d'une lentille de champ, de donner aux deux trous un éclat considérable. Dans ces conditions, on a encore largement assez de lumière pour les mesures en observant l'image des deux trous dans une lame de verre inclinée aux environs de 45°. On peut faire alors détacher l'image des deux trous sur un fond éclairé quelconque, dont on peut mesurer l'éclat et modifier les dimensions. Il faut encore, pour assurer la correction de la mesure, interposer une lentille ayant pour distance focale la distance où se trouve l'écran éclairé. Elle ne modifie que d'une manière négligeable l'éclat contemplé, et l'on peut, en traçant sur le fond un petit test, s'assurer de la désaccommodation de l'œil en observation, condition indispensable pour la précision des mesures.

La réalisation du couple de trous à écartement variable a été faite au

moyen d'une fente rectiligne devant laquelle se déplace une fente en V, mue par une vis micrométrique.

Quand on emploie, pour réfléchir la lumière des trous, une simple lame à faces parallèles, on est gêné par les doubles images. L'observation est rendue aisée par l'emploi classique d'un prisme de petit angle au sommet.

Il faut régler à chaque expérience l'éclat des trous de manière à pouvoir observer leurs taches de diffusion malgré l'éclairage du fond d'adaptation, et de manière à ne pas modifier sensiblement la réaction rétinienne donnée par celui-ci. On y arrive au moyen d'un rhéostat convenable.

Cet appareil présente l'inconvénient d'être subjectif, mais entre les mains d'un observateur exercé, il permet un grand nombre d'études fondamentales. Peut-être son usage clinique sera-t-il souvent difficile, beaucoup de sujets ne comprenant pas aisément ce que c'est qu'un contact, mais il a déjà donné des résultats physiologiques intéressants.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur le Réflexe photomoteur*. Note de M. **Jacques Couvreux**, présentée par M. André Blondel.

Nous nous sommes servi du pupillomètre de Fick modifié par M. André Broca (voir la Note précédente) pour mesurer la réaction photomotrice d'un œil normal adapté à l'obscurité, en fonction d'un éclairement bien défini du fond d'adaptation.

Nous avons d'abord observé que la variation du diamètre pupillaire est insensible lorsque le diamètre apparent sous lequel on voit un fond blanc dépasse 25° (nous nous réservons d'étudier ultérieurement ce que devient la réaction photomotrice lorsque ce diamètre décroît). Ceci permet de limiter le fond au champ d'une lentille de boîte d'optique de cinq dioptries, placée derrière la lame réfléchissante du pupillomètre.

Le rôle de cette lentille est indiqué dans la Note de M. André Broca.

Nous avons mesuré, en fonction de l'éclairement de l'écran, les diamètres pupillaires d'un œil, l'écran étant vu : A) binoculairement; B) monoculairement, l'autre œil étant obscuré ; C) monoculairement, la mesure portant sur l'œil obscuré qui regarde directement dans le pupillomètre.

Les mesures sont résumées dans le tableau suivant :

Les courbes qui le traduisent sont voisines d'exponentielles exactes. Ceci a été soupçonné par MM. Kofman et Bujadoux [1], mais ces auteurs

[1] *Annales d'Oculistique*, décembre 1923.

employaient un appareil dans lequel les éclairements n'étaient pas susceptibles de mesures. Ils n'ont donc pu voir de formes exactes.

Éclairements en lux.	Diamètres pupillaires en mm.			Éclairements en lux.	Diamètres pupillaires en mm.		
	A.	B.	C.		A.	B.	C.
Éblouissement...	2	2,35	2,9	4.............	3,7	4,2	4,9
400............	2,4	2,7	3	3,3...........	3,8	4,4	4,95
100............	2,6	2,85	3,5	2,35..........	4	4,5	5
45............	2,8	3,2	4	1,6...........	4,2	4,75	5,1
25............	3	3,4	4,25	1..............	4,5	4,9	5,2
10............	3,4	3,8	4,6	0,45..........	4,85	5,15	5,4
6,25.........	3,5	4,1	4,85	Obscurité.....	5,5	5,5	5,5

La courbe de vision binoculaire est tout à fait semblable à celle de l'acuité visuelle et c'est pour des éclairements supérieurs à une dizaine de lux que le diamètre pupillaire, comme l'acuité visuelle, commence à varier très lentement. Ces grands éclairements, tout en amenant une amélioration de la vision ne la produisent qu'au prix d'une fatigue notable.

On voit, d'autre part, que la constriction synergique d'un œil obscuré est inférieure à la constriction de l'autre œil. Enfin les courbes montrent que la constriction pupillaire est, pour chaque œil, la résultante de deux actions : la première et la plus importante est due à la lumière qu'il reçoit, la seconde à la lumière reçue par l'autre, celle-ci contribuant à augmenter celle-là.

L'état général modifie la valeur de la réaction photomotrice en augmentant le myosis, ainsi que l'ont montré MM. Kofman et Bujadoux [1], mais la fatigue locale agit aussi en déterminant une constriction supplémentaire qui peut atteindre $0^{mm},5$ quand la fatigue est grande. Nous avons constaté ceci dans les longues séries d'expériences à la fin desquelles la constriction pupillaire était plus grande pour un même éclairement qu'au début de la séance. Nous nous proposons de faire de ces phénomènes une étude spéciale.

Nous avons également étudié, avec le même appareil, le mode de contraction et de dilatation de la pupille à la lumière et cherché à déterminer sa durée quand on passe brusquement d'un éclairement à un autre.

La durée de la réaction croît avec la variation d'éclairement. Si l'œil est reposé, la réaction, quand on passe de l'obscurité à un papier éclairé par

(1) *Loc. cit.*

200 lux et vice versa, se fait en deux temps; d'abord la pupille arrive en une seconde environ au diamètre qui deviendra le définitif, puis elle exécute autour de cette position d'équilibre une oscillation et demie, en moyenne, très amortie, la durée totale étant de $\frac{1}{3}$ de seconde environ. Ces oscillations sont plus marquées pour la contraction que pour la dilatation. Leur observation est assez délicate.

Quand l'œil se fatigue, ces oscillations s'atténuent jusqu'à s'annuler, pendant que la réaction devient de plus en plus lente. Nous apportons des précisions nouvelles au fait connu de la décontraction relativement lente. Tandis que la durée de la contraction ne dépasse guère 2 secondes, celle de la dilatation s'allonge jusqu'à atteindre 15 secondes pour un œil très fatigué. De brusques variations d'éclairement assez espacées pour permettre à la pupille d'arriver entre chacune d'elles à son état d'équilibre déterminent la paresse de la réaction photomotrice beaucoup plus rapidement que la fixation continue de l'éclairement maximum : une dizaine de passages de l'obscurité à un éclairement de 200 lux éteignent complètement les oscillations tandis qu'elles persistent encore après plusieurs minutes de fixation.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Expériences sur la sensation de jaune obtenu par mélange spectral.* Note de M. **Émile Haas**, présentée par M. Charles Richet.

On sait, par les travaux de Newton, de Maxwell, d'Helmholtz, qu'il est possible de reproduire l'une quelconque des couleurs du spectre par le mélange, en proportion convenable, de deux couleurs simples convenablement choisies.

Pour un œil doué de propriétés physiologiques normales, l'aspect du mélange ne diffère pas de l'aspect de la couleur simple, et seule l'analyse spectrale est susceptible de montrer quelle est la couleur due à une radiation simple, et quelle est celle produite par un mélange de radiations.

Il était intéressant de rechercher si cette identité d'aspect persiste dans toutes les circonstances, que l'on fasse varier soit l'intensité de l'excitant, soit la durée pendant laquelle il agit.

Pour réaliser ces expériences dans les conditions de plus grande simplicité, il n'est pas indifférent de s'adresser à une couleur quelconque. J'ai choisi la couleur jaune pour deux raisons : 1° Elle est une de celles qui peuvent être reproduites par mélange spectral à l'état pratique de satura-

tion, c'est-à-dire non lavée de blanc (Lord Rayleigh, Maxwell). Cette circonstance évite des complications opératoires et des interprétations difficiles. 2° L'aspect jaune ne rappelle en rien l'aspect des composantes rouge et verte, circonstance qui donne aux observations une plus grande sensibilité.

Je me suis servi d'une boîte de Maxwell, complétée et modifiée par M. André Broca.

Cet appareil se compose de deux spectroscopes identiques entre eux, et dont les deux spectres sont juxtaposés dans le plan focal d'un oculaire commun.

Il est possible de monter deux fentes sur l'un des collimateurs, le deuxième par exemple. Le premier collimateur n'aura qu'une fente, pour l'expérience dont il est question.

Toute région du premier spectre est formée, dans ces conditions, de radiations simples. Toute région du deuxième spectre est un mélange dont la nature dépend de l'écartement des fentes.

Le limitateur rectangulaire du plan focal permet d'isoler, pour l'observation, une petite région dans laquelle la couleur varie peu. La plage simple est en contact exact avec la plage composée : condition d'une photométrie correcte.

J'isole, dans le premier spectre, la région du jaune voisin de $0^{\mu},590$, et je cherche à lui juxtaposer un jaune composé d'aspect identique. Pour cela, je suis amené à donner aux fentes du deuxième spectroscope un certain écartement, et des largeurs déterminées. Lorsque les deux plages sont devenues identiques, je puis observer que le jaune composé est un mélange d'orangé voisin de $0^{\mu},610$ et de vert voisin de $0^{\mu},558$.

Ensuite on ne touche plus aux fentes, mais il est possible de faire varier l'éclat de chacune des deux plages par le moyen de deux yeux-de-chat respectivement placés sur les lentilles des collimateurs.

J'ai observé dans ces conditions :

1° Que le mélange qui m'avait donné la même sensation que le jaune simple fournit le même résultat chez cinq personnes prises comme contrôle. Cela confirme que les lois de la trichromasie normale présentent une fixité numérique remarquable.

2° L'identité d'aspect entre le jaune simple et le jaune composé se poursuit lorsque l'éclat des plages que l'on compare est augmenté ou réduit dans une même proportion.

La limite supérieure jusqu'à laquelle j'ai pu matériellement vérifier cette loi est l'éclat correspondant à un éclairement de 90 lux.

La limite inférieure est l'éclat correspondant au seuil chromatique. Il ne m'a pas été possible de descendre jusqu'au seuil lumineux, en raison des diffusions fâcheuses que présente l'appareil, comme tous les appareils spectraux, et qui auraient rendu mes mesures illusoires.

3° J'ai réduit la durée pendant laquelle la rétine est impressionnée par les deux plages contiguës, jusqu'à $\frac{1}{100}$ ou $\frac{2}{100}$ de seconde. Cette expérience a été réalisée par le moyen d'un disque à fente, tournant dans le plan focal de l'oculaire. J'ai pu constater ainsi que les deux plages ne cessent pas d'apparaître identiques, quelle que soit la durée de l'excitation. Ainsi la loi de fatigue est la même pour la couleur simple et pour la couleur composée.

D'autres expériences, faites avec des couleurs composées autres que le jaune, m'ont fourni des résultats concordants, quoique d'une interprétation un peu plus délicate, en raison de leur saturation incomplète.

Il semble donc qu'à la proposition classique : *il est possible de reproduire toute couleur spectrale par le mélange de deux couleurs spectrales convenablement choisies*, on doive ajouter : *l'identité d'aspect entre le mélange et la couleur simple se poursuit, quelle que soit leur intensité commune, et quelle que soit la durée pendant laquelle la rétine est impressionnée.*

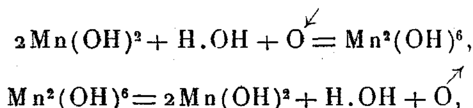
PHYSIOLOGIE. — *Recherches sur la constitution et le mode d'action des catalyseurs biochimiques ou diastases. — Des effets de l'électrolyse sur les diastases du suc pancréatique et l'amylase de l'orge germée.* Note de M. F. **Maignon**, présentée par M. E. Leclainche.

Les diastases sont formées d'un substratum protéique et de traces de substances minérales, dont la présence paraît indispensable à leur activité. Gabriel Bertrand le premier a montré, à propos de la laccase, le rôle essentiel joué par ces éléments minéraux et, par analogie, la raison d'être des infiniment petits chimiques.

Dans la catalyse chimique, le rôle des ions de l'eau H et OH a été nettement mis en évidence dans les phénomènes d'hydrolyse par ClH, KOH et de synthèse par déshydratation au moyen de $SO^4\langle{}^{H}_{H}$ (préparation de

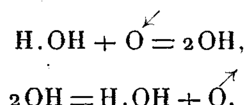
l'oxyde d'éthyle[1]). Ne peut-on pas les faire intervenir aussi dans les phénomènes d'oxydation par les sels de manganèse?

Le passage de l'hydrate manganeux à l'hydrate manganique, et vice versa, peut en effet s'écrire



$$2Mn(OH)^2 + H.OH + \overset{\swarrow}{O} = Mn^2(OH)^6,$$
$$Mn^2(OH)^6 = 2Mn(OH)^2 + H.OH + \overset{\nearrow}{O},$$

réactions dans lesquelles le mouvement des ions et de l'oxygène est le suivant :



$$H.OH + \overset{\swarrow}{O} = 2OH,$$
$$2OH = H.OH + \overset{\nearrow}{O}.$$

Ces mêmes ions de l'eau, H et OH ne seraient-ils pas les éléments actifs dans les catalyseurs biochimiques ? Les recherches que nous avons faites à ce sujet portent à le croire. Nous donnons ici les résultats d'expériences effectuées sur les diastases extraites du suc pancréatique de vache.

L'analyse chimique des cendres de ces diastases nous a décelé la présence du *calcium* en abondance, du *fer* et du *chlore*. Les réactions des acides arsénique, phosphorique et silicique ont toujours été négatives. Nous nous proposons d'utiliser l'analyse spectrale pour la recherche du potassium, du sodium et d'autres métaux, s'il y a lieu.

Comment ces éléments minéraux $CaCl^2$, $FeCl^2$ sont-ils fixés sur la substance protéique, qui paraît être formée de globuline parce que soluble dans les sels neutres en solution étendue ? L'analyse électrique va nous le dire.

Soumettons à l'électrolyse des solutions de diastases de suc pancréatique, dans un tube en U avec électrodes de platine (courant continu 110 volts, tube en U de 16^{mm} diamètre intérieur, 160^{mg} de diastases dans 60^{cm^3} d'eau distillée ; longueur du cylindre liquide parcouru par le courant 30^{cm} ; passage : 5 à 10 milliampères). La solution contient, outre la substance protéique, des ions Cl, H, Fe, Ca, OH.

Le passage du courant détermine immédiatement un coagulum qui part de l'électrode dans la branche positive, tandis que la branche négative demeure absolument limpide. Le coagulum va en augmentant et il se résout en grumeaux animés d'un double mouvement ascendant et descendant par rapport à l'électrode positive. Le même grumeau repasse ainsi un

grand nombre de fois devant cette électrode, au contact de laquelle il abandonne ses ions chlore et cela jusqu'à déminéralisation complète, ce qui demande cinq jours environ. A ce moment, les grumeaux s'immobilisent et se déposent. Ce dépôt brûle sans laisser de résidu et se dissout dans la solution de NaCl au $\frac{1}{100}$.

La branche négative est alcaline au tournesol, elle renferme de la chaux et la branche positive acide renferme de l'acide chlorhydrique.

Si l'on mélange, après avoir coupé le courant, les liquides des deux branches en y maintenant plongée l'électrode négative sur laquelle se trouve un dépôt de chaux et d'oxyde de fer, tous les dépôts se dissolvent, dépôt d'oxydes, grumeaux protéiques, et le mélange limpide redevient neutre au tournesol. *Ce mélange, qui contient tous les éléments des diastases primitives, a perdu toute activité digestive vis-à-vis de la fibrine et de l'amidon. Les diastases ont donc été détruites par l'arrachement électrique total des éléments minéraux.* Cet arrachement, pour être complet, a demandé un temps très long, cinq jours, avec un courant à haut potentiel.

Nous sommes arrivé au même résultat avec l'amylase de l'orge germée.

Si l'on s'arrête avant d'avoir obtenu l'immobilité absolue des grumeaux, c'est-à-dire avant la dissociation complète des éléments minéraux et protéiques, au quatrième jour par exemple, le liquide possède encore une légère action amylolytique. La déminéralisation *incomplète* des diastases de suc pancréatique, obtenue par dialyse contre l'eau distillée, dans laquelle la solution conserve, à la fin de l'expérience, une conductivité électrique un peu supérieure à celle de l'eau, permet une réactivation par addition de chlorure de sodium ou de calcium (Bierry, Victor Henri et Giaja).

Il ressort de ces résultats que seul l'ion Cl paraît fixé à des micelles protéiques, auxquelles il communique sa charge électronégative, du moment que l'on observe un coagulum seulement dans la branche positive, par arrachement des ions Cl. Les ions Fe et Ca sont donc libres dans les diastases de suc pancréatique.

La micelle diastasique serait constituée d'un granule sur lequel serait fixé l'ion Cl, et d'un ion H libre à la périphérie. On pourrait l'écrire ClH.

Cette micelle diastasique agirait, tout comme le catalyseur HCl, à la faveur de l'ion acide H. Mais comment expliquer qu'une concentration aussi faible en ions H, qui équivaut à une solution extrêmement diluée d'acide chlorhydrique, puisse, à la température ordinaire, effectuer des

hydrolyses, qui exigent, dans la catalyse chimique, une solution beaucoup plus concentrée et une température élevée?

Pour expliquer cette énigme, il faut faire intervenir une propriété de la matière à l'état colloïdal : *l'adsorption*, phénomène dont les manifestations témoignent d'une véritable spécificité. Il suffit d'admettre que la micelle diastasique possède de l'*affinité d'adsorption* pour les substances qu'elle hydrolyse. Les molécules à transformer seront alors fortement comprimées à la surface du granule, au voisinage des ions H, ce qui équivaut à une véritable concentration des substances réagissantes, concentration qui favorise les réactions d'après la loi d'action de masse.

Est-il possible de mettre en évidence ce rôle de l'adsorption? Rien n'est plus simple. Si l'on met en contact avec de la fibrine, pendant 15 minutes, la solution de diastases du suc pancréatique, avant de la soumettre à l'électrolyse, on constate que le coagulum, dans la branche positive, est environ cinq fois moins abondant que précédemment, la trypsine ayant été adsorbée pour la fibrine.

Cette différence ne s'observe plus si l'on fait la même expérience avec une solution de diastases de suc pancréatique, dont l'activité a été détruite au préalable par deux minutes d'ébullition. La diastase, dont la combinaison cristalloïdo-colloïdale a été détruite par ébullition, a perdu, en même temps que son activité digestive, son affinité d'adsorption pour la fibrine. Ces deux propriétés semblent donc solidaires l'une de l'autre.

Ces faits nous permettent de comprendre la raison d'être des kinases, qui apparaissent comme des micelles colloïdales possédant à la fois de l'affinité d'adsorption pour le catalyseur et la substance à transformer et jouant ainsi le rôle de trait d'union.

ENTOMOLOGIE. — *Des variations dans le trophisme des Culicides.* Note de M. **J. Legendre**, présentée par M. Bouvier.

Le trophisme des femelles de Culicides s'exerce chez les unes (androphiles) aux dépens de l'homme, chez les autres (zoophiles) aux dépens des animaux domestiques ou bien des animaux sauvages.

Ces habitudes supportent quelquefois des exceptions soit spontanées, soit provoquées. *Stegomya fasciata*, par exemple, très androphile, vecteur de la fièvre jaune et de la dengue, pique parfois les animaux. J'ai vu à

Beyrouth un de ces moustiques se gorger sur le museau d'un chat au lieu de piquer les personnes de la maison. Le fait est exceptionnel chez ce moustique en liberté; en captivité on peut nourrir *Stegomya fasciata* sur un cobaye, un calfat et probablement d'autres animaux; la souris blanche le détruit et ne se laisse pas piquer.

Anopheles maculipennis, dans une région où il recherche habituellement les lapins domestiques, va à l'homme si ces animaux sont absents ou trop éloignés; j'ai noté le fait à Frejus.

A Tananarive, où les Anophélines (*Cellia squamosa* et *C. pharœnsis*) font leurs repas de sang sur l'homme, à qui ils transmettent souvent la malaria, j'ai vu ces moustiques fréquenter régulièrement et en nombre une écurie située en ville, à proximité d'un quartier très peuplé, et s'y nourrir sur les chevaux.

Dans la plaine rizicole avoisinant Tananarive, aux premières éclosions d'Anophélines, j'en ai recueilli dans l'écurie d'un éleveur, alors qu'on n'en trouvait pas encore ailleurs. Cette hippophilie, à utiliser dans la prophylaxie antipaludique à Madagascar, est le résultat d'une variation spontanée dans le trophisme des Anophélines de cette région, car le cheval a été récemment importé d'Europe dans l'Ile où il est encore rare, même sur les plateaux, malgré qu'on l'ait multiplié assez rapidement. Sa taille et son prix le mettant hors de portée de la masse des indigènes, il faut trouver, pour l'attraction et la nutrition sanguine des Anophélines, un autre animal domestique tel que porc, lapin, cobaye, etc., qui soit de bas prix, facile à multiplier et à loger à côté de la maison.

A Pons (Charente-Inférieure), où j'ai suivi en septembre et octobre 1921 la saison culicidienne, *Culex pipiens* et *C. hortensis* piquaient les habitants avec acharnement malgré l'usage des fidibus; j'en prenais chaque matin dans ma chambre de 6 à 12, gorgés de sang. Leurs gîtes (bailles, barriques, auges, etc.) étaient restreints comme nombre et comme superficie. Connaissant par mes études antérieures la zoophilie d'*Anopheles masculipennis* dans la même localité, je fis des recherches dans de nombreuses écuries, porcheries, poulaillers, lapinières, afin d'établir si les deux *Culex* en cause piquaient seulement l'homme ou aussi les animaux domestiques; je ne découvrais que de très rares moustiques dans ces logements d'animaux.

Par contre, de juin à novembre 1923, dans le même immeuble de la même localité, aucun des habitants n'a subi la piqûre d'un seul moustique,

ni au rez-de-chaussée ni à l'étage, malgré que les pièces les plus éloignées fussent à moins de 20^m d'un gîte riche. Même en les cherchant, je ne trouvai que rarement des moustiques et seulement à l'extérieur. Cependant les mêmes gîtes qu'en 1921 existaient, peuplés de grosses larves et de pupes qui donnaient des imagos. On ne peut donc invoquer pour expliquer leur absence des habitations, la rareté de ces insectes sous des influences météorologiques, puisqu'il s'agit de gîtes artificiels permanents et que la température était favorable. D'ailleurs les femelles de ces Culicines faisaient des repas de sang puisqu'elles pondaient des œufs qui donnaient des larves à développement normal.

Pendant l'été et l'automne de 1923, les *Culex* de Pons se sont comportés *en présence de l'homme* comme les *Culex pipiens* que j'avais importés de Bretagne (1), où j'observe leur androphobie depuis plus de vingt ans. Je n'en conclus pas que ceux-ci, que j'ai élevés à Pons dans le jardin de la maison que j'occupais, se sont déjà substitués à ceux-là, puisque dans les autres parties de la petite ville on n'eut pas non plus à souffrir des moustiques, contrairement à ce qui se passa en 1921.

Sous quelles influences *C. pipiens* et *C. hortensis*, habituellement androphiles à Pons, ont-ils totalement cessé de l'être l'été dernier? Dans quelles conditions le reviendront-ils, car il est probable qu'il ne s'agit là que d'une variation trophique temporaire? Je n'ai pas recherché quel animal ces culicines ont préféré à l'homme. Aucune modification ne s'est produite dans la faune domestique locale si ce n'est une modification d'ordre négatif, la diminution des animaux de trait au profit de la traction automobile comme dans la plupart des bourgs et communes de France. La petite faune sauvage n'a présenté aucune augmentation apparente.

Ces faits, jamais encore signalés, de variation complète dans le trophisme d'une année à l'autre expliquent, au moins pour les pays où les gîtes à culicides sont fixes comme nombre et comme superficie, la rareté ou la fréquence apparente des moustiques androphiles.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 790.

BIOLOGIE. — *Les périodes d'épitoquie de quelques Néréidiens et leur relation avec les phases de la Lune.* Note de M. R. Herpin, transmise par M. Gravier.

Dans deux Notes à l'Académie, Fage et Legendre (¹) viennent de donner les résultats obtenus par des pêches à la lumière effectuées dans la baie de Concarneau, en ce qui concerne le rythme lunaire de quelques Néréidiens.

Depuis plusieurs années je m'occupe également de la question; mais, réduit à ne faire que des observations de marée, complétées il est vrai par l'élevage en aquarium des individus capturés, je ne pouvais avoir des résultats aussi certains que ceux qui viennent d'être obtenus en Bretagne.

Maintenant que l'existence d'un rapport entre l'essaimage des Néréidiens et les phases de la Lune vient d'être solidement établi pour plusieurs Néréidiens, je me décide à publier les résultats de mes observations, pensant qu'elles compléteront utilement les études de Fage et Legendre. A l'exception de *Perinereis cultrifera*, elles concernent d'ailleurs d'autres espèces que celles vues par ces auteurs.

Pour *Perinereis cultrifera* Grube, la période de maturité sexuelle comprend normalement les mois de mai et juin; mais exceptionnellement elle peut débuter en avril et se terminer en août. Toutes mes observations, réparties sur plusieurs années, concordent à fixer les époques d'essaimage aux environs du *premier quartier*. Cette divergence avec les résultats obtenus à Concarneau n'a rien de surprenant.

Mes observations portent uniquement sur des animaux de la zone intercotidale souvent même vivant à un niveau assez élevé et qui, par suite, ne peuvent sortir de leur repaire pendant les six heures où leur habitat est à sec. Vu l'heure de la marée à Cherbourg, leur sortie pendant la nuit serait impossible au moment de la pleine lune et surtout les jours qui la précèdent.

Au contraire, les observations de Fage et Legendre ont été faites en bateau à 200^{m} du rivage et au moment de la basse mer; elles portent donc sur des animaux vivant au-dessous de la zone de balancement des marées. De plus l'heure de la haute mer à Concarneau aurait permis la sortie des animaux de la zone intercotidale dans la seconde partie de la nuit.

(¹) Fage et Legendre, *Rythmes lunaires de quelques Néréidiens* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 982); *Les danses nuptiales de quelques Néréidiens* (*Ibid.*, p. 1150).

Le jeu des marées ne peut être la cause du rythme lunaire des Néréidiens; ce serait incompatible avec mes observations aussi bien qu'avec celles de Fage et Legendre. Mais il conditionne nécessairement la sortie des animaux de la zone intercotidale. A ce point de vue les deux autres espèces que j'ai étudiées : *Perinereis Marioni* et *Nereis pelagica*, sont dans des conditions absolument opposées.

Perinereis Marioni Audouin et Edwards est essentiellement une espèce supralittorale qui, à Cherbourg, habite les fentes de rochers à Chthamales ou celles des schistes à Fucus d'un niveau très élevé. On doit donc s'attendre à ce que la date de son essaimage soit fonction de l'heure de la marée et par suite ne puisse se fixer en divers lieux à la même phase lunaire. A Cherbourg sa maturité sexuelle se produit en juillet et l'essaimage survient au moment de la *nouvelle lune* et peut-être aussi à celui de la *pleine lune* précédente pour les individus habitant les schistes de la zone à *Pelvetia canaliculata*.

Nereis pelagica L. est au contraire une espèce de bas niveaux qui, à Cherbourg, se rencontre surtout dans les crampons de Laminaires ou bien, un peu plus haut, dans les Lithothamnium. Depuis plusieurs années, je constate qu'elle se reproduit régulièrement en *décembre* et *janvier*. Son habitat peu élevé et la longueur des nuits à cette époque de l'année peuvent rendre ses époques d'essaimage indépendantes de la marée.

Comme pour *Perinereis Marioni*, l'essaimage a lieu aux environs de la *nouvelle lune*. Il est par le fait même évident que le phototropisme ne peut y jouer aucun rôle. Jamais je n'ai rencontré de *N. pelagica* épitoque à une autre époque de l'année. L'existence d'une période estivale de maturité est cependant nettement établie par diverses observations : Fauvel a trouvé *N. pelagica* épitoque à Saint-Vaast en mai 1895, il a eu entre les mains plusieurs ♂ et ♀ provenant d'un dragage effectué par le *Pourquoi-Pas* en Islande en juillet 1912 (1). A Saint-Andrews (Écosse), Mc Intosh a constaté l'existence de deux périodes d'épitoquie : l'une hivernale, vers février; l'autre estivale, en juin-juillet. Ditlevsen a également mentionné l'épitoquie de *N. pelagica* en juillet au Groënland.

Le fait de n'avoir jamais rencontré au printemps de *N. pelagica* mûres me fait supposer que seuls les individus vivant au-dessous du niveau des

(1) Fauvel, *Campagne du « Pourquoi-Pas? » (Islande et Jean Mayer*, 1912), *Annélides Polychètes (Bull. Muséum*, 1913, n° 2).

plus basses mers se métamorphosent à cette époque. On ne peut en effet admettre que dans toutes les observations d'épitoquie en été, il y ait eu confusion entre *N. pelagica* et *N. zonata*. Le fait est d'autant plus inadmissible que Fauvel a fait une étude approfondie de la question de délimitation de ces espèces.

L'existence de deux périodes de maturité différentes, l'une pour les animaux de la zone intercotidale, l'autre pour ceux qui ne subissent pas l'influence des marées s'expliquerait au contraire fort bien par le fait que d'après Fauvel [1] *N. pelagica* est une espèce arctique qui par conséquent a dû s'adapter aux conditions différentes de nos climats.

Pour les individus situés en des stations toujours immergées, l'adaptation se ferait par un lent recul vers le printemps de la période de maturité. Pour les individus de la zone intercotidale, qui ont davantage à redouter la chaleur, le recul serait beaucoup plus prononcé; de sorte que dès l'Écosse la maturité se ferait en février et, dans nos régions, en décembre-janvier. Cette explication semble corroborée par le fait qu'à Cherbourg les *Perinereis cultrifera* des schistes élevés, qui sont exposés à mer basse à une chaleur intense, voient leur période de maturité se terminer un mois plus tôt que celles des zostères.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Importance de la Mammite chez les Chèvres porteuses de* M. melitensis. Note de MM. **Et. Burnet** et **Ch. Anderson**, présentée par M. Roux.

On sait que le lait des chèvres naturellement porteuses de *M. melitensis* contient souvent le microbe en abondance, tandis qu'on le trouve rarement dans le sang et même dans les organes. L'idée vient à l'esprit qu'il doit exister quelque foyer ou gîte microbien d'où le microbe passe facilement dans le lait.

Nous avons pensé que la source du *M. melitensis*, dans le cas du lait de chèvre, est une mammite spécifique.

Chez six chèvres naturellement infectées, que nous avons pu examiner

---

[1] Fauvel, *Annélides Polychètes non pélagiques* (*Résultats scientifiques des Campagnes du Prince Albert Ier de Monaco*, fasc. XLVI, 1914).

pendant un laps de temps plus ou moins long, puis sacrifier et autopsier, notre attention a été attirée, en effet, sur les lésions de la mamelle.

Parmi ces chèvres, une seule était malade cliniquement, amaigrie, donnant un lait de mauvaise apparence qui avait inquiété le chevrier ; les autres étaient en état de parfaite santé apparente et bonnes laitières.

La *Chèvre* 8, cliniquement malade, donne un lait riche en leucocytes. Un premier ensemencement de ce lait est stérile, un second donne une culture de *M. melitensis*. La séro-réaction, pratiquée trois fois à intervalles de 20 jours, est deux fois négative, puis positive, à titre très faible : 20, sur deux souches de laboratoire; 30, sur le propre *melitensis* de la chèvre. Hémoculture négative.

A l'autopsie, un seul organe est trouvé malade : la glande mammaire. L'organe est transformé en un énorme abcès multiloculaire, en une véritable éponge de pus, dont les alvéoles sont remplies d'un pus épais, de formation sûrement ancienne. Les ganglions mammaires sont tuméfiés.

Tous les organes sont ensemencés. Un ganglion lymphatique sous-maxillaire donne quelques colonies de *melitensis*. Les ganglions mammaires en donnent davantage. *La mamelle donne des cultures très abondantes.*

La *Chèvre* 47 est bien portante : pas de fièvre. Hémoculture négative. Séro-réaction positive à 200. Lactation normale : pas de leucocytes. Un premier ensemencement de lait est stérile. Un second (ensemencement du lait de chacune des mamelles) donne 4000 et 10000 colonies par centimètre cube de lait.

A l'autopsie, aucune lésion macroscopique. Les ganglions mammaires sont augmentés de volume. Tous les organes sont ensemencés : seuls, un ganglion axillaire, les ganglions mammaires et *surtout la mamelle* donnent des cultures de *melitensis*.

L'examen microscopique de la mamelle révèle de nombreux foyers inflammatoires, et des plages sclérosées qui correspondent probablement à des foyers d'inflammation anciens.

La *Chèvre* 77 ressemble à la précédente : hémoculture négative; lait d'apparence normale, et sans leucocytes. Séro-réaction positive à 300. Le lait donne par centimètre cube 3000 colonies de *melitensis*.

A l'autopsie, les ganglions mammaires apparaissent augmentés de volume. *Les seuls organes qui donnent des colonies de* melitensis *sont les ganglions mammaires et la mamelle.* A l'examen microscopique, on ne trouve dans la mamelle que de petits foyers infiltrés de cellules rondes et des plages de sclérose.

La *Chèvre* 83, — hémoculture négative; lait stérile; séro-réaction positive à 200, — est morte naturellement. A l'autopsie on trouve quatre chevreaux dans l'utérus.

Pas d'autre lésion qu'un abcès au centre de la glande mammaire. Présence de melitensis *dans le pus.* — Il n'en a été trouvé dans aucun autre organe.

La *Chèvre* 39 nous a été amenée à un moment où le lait contenait environ 4000 *melitensis* par centimètre cube. Sur deux hémocultures, une a été positive. La chèvre a été sacrifiée plus tard, à un moment où la sécrétion lactée était tarie. Des colonies de *M. melitensis* ont été données par la rate, le foie, un rein et la *mamelle*.

C'est le seul animal de la série chez lequel on ait trouvé le *melitensis* ailleurs que dans les ganglions de la mamelle. Il se trouvait à une phase particulière de l'infection.

La *Chèvre* 54 fait contraste avec les précédentes. Elle a donné une séro-réaction positive, une fois seulement, au cours d'une observation prolongée. Puis, soumise à diverses expériences, elle a été chargée et surchargée de *M. melitensis* par inoculations intraveineuses. Au moment où elle a été sacrifiée, elle ne donnait pas de lait depuis un an et la glande mammaire était en état de complète involution : fonctionnellement, elle n'existait pas; anatomiquement, elle était extrêmement réduite et sclérosée.

Seuls les ganglions lymphatiques, *surtout les ganglions mammaires, ont donné des colonies de* M. melitensis.

En résumé, sur six chèvres infectées, une seule avait les mamelles indemnes de lésions et de *M. melitensis*: c'était une chèvre dont la glande mammaire était en état de complète involution.

Chez les cinq autres, toutes infectées naturellement, le *melitensis* se trouvait dans les ganglions mammaires et surtout dans la glande mammaire.

Les gîtes microbiens sont donc par excellence, chez la chèvre porteuse de *M. melitensis*, les ganglions lymphatiques, surtout les ganglions mammaires, et dans tous les cas la mamelle.

Chez les quatre chèvres, en lactation, à lait infecté, dont la mamelle a été soumise à l'examen macroscopique et microscopique, on a constaté des lésions de mammite: énorme abcès multiloculaire chez l'une; abcès circonscrit chez une autre, lésions inflammatoires en foyers chez les deux dernières.

Le fait essentiel de l'infection naturelle à *Micrococcus melitensis*, chez la chèvre, paraît être la mammite.

A 15^h30^m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15^h55^m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE DÉCEMBRE 1923.

Quelques réflexions sur la relativité, par P. WORMS DE ROMILLY. Paris, J. Hermann, 1923; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. Lecornu.)

Leçons de Pétrographie, par JACQUES DE LAPPARENT. Paris, Masson et Cie, 1923; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Wallerant.)

Supplément aux titres et travaux scientifiques du Dr J.-B. Charcot. Paris, Masson et Cie, 1923; 1 fasc. 26cm.

Atlas d'Algérie et de Tunisie, par AUGUSTIN BERNARD et R. DE PLOTTE DE ROCQUEVAIRE; fascicule I. Paris, Émile Larose; Alger, Jules Carbonel, 1923; 1 fasc. 60cm.

Clasificación y nomenclatura de las especies químicas, par F. SANCHEZ GERONA. Linares, Artes graficas, 1918; 1 vol. 22cm. (Présenté par M. A. Haller.)

Analyse spectrale appliquée aux recherches de Chimie minérale, par BOISBAUDRAN et GRAMONT. Paris, J. Hermann, 1923; 2 vol. (texte et atlas), 25cm.

Éléments de la théorie des probabilités, par ÉMILE BOREL. Paris, J. Hermann, 1924; 1 vol. 26cm,5.

Mammifères; recherches sur le développement du Papio (Chæropithecus) porcarius *Bodd.* (*Chacma Sud-Africain*), par R. ANTHONY et F. VILLEMIN. Paris, Imprimerie nationale, 1923; 1 vol. 27cm. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, prince souverain de Monaco, par JULES RICHARD; fascicule LXVI : *Holothuries provenant des campagnes des yachts* Princesse-Alice *et* Hirondelle-II, par EDGARD HEROUARD. Imprimerie de Monaco, 1923; 1 vol. 35cm.

Reports on the results of dredging; in the gulf of Mexico (1877-1778), *in the caribbean Sea* (1878-1879) *and along the atlantic coast of the united states* (1880), par ALEXANDER AGASSIZ. Cambridge, 1923; 1 vol. 31cm.

L'exposition nationale coloniale de Marseille, 1922, *décrite par ses auteurs*. Marseille, Commissariat général de l'exposition, 1922; 1 vol. 34cm.

Inauguration du monument S. Arloing à l'École nationale vétérinaire de Lyon le 6 *mai* 1923. (Extrait du *Journal de médecine vétérinaire et de zootechnie*, juillet-août 1923.) Toulouse, Bonnet, 1923; 1 fasc. 24cm.

Tables annuelles de constantes et Données numériques de chimie, de physique et de technologie. Rapport général présenté au nom de la Commission permanente du Comité international pour l'année 1922, par CHARLES MARIE, secrétaire général. Paris, chez l'auteur, 1923; 1 fasc. 27cm.

ERRATA.

—

(Séance du 26 décembre 1923.)

Note de M. *P. Lasareff*, Sur la vitesse des réactions photochimiques sous l'action d'une lumière dont l'intensité est périodique :

Page 1438, lignes 12, 13, *au lieu de* $\frac{(1 - \cos 2\pi N t)\alpha_1 KJ_0}{2\pi N}$, *lire* $\frac{(-\cos 2\pi N t)\alpha_1 KJ_0}{2\pi N}$.

(Séance du 14 janvier 1924.)

Note de MM. *Ed.* et *G. Urbain*, Sur la présence simultanée du celtium et des terres yttriques, dans quelques minéraux de zirconium :

Page 265, ligne 2 en remontant, *au lieu de* Espahy, *lire* Espaly (Haute-Loire).

Page 266, lignes 2 et 7 en remontant, *au lieu de* badeleïte, *lire* baddeleyite; ligne 9 en remontant, *au lieu de* Espahy, *lire* Espaly.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 JANVIER 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

En déposant sur le Bureau le premier exemplaire du fascicule premier de l'*Inventaire des périodiques scientifiques des Bibliothèques de Paris* (1), M. A. LACROIX s'exprime en ces termes :

Les *périodiques scientifiques* sont d'une importance capitale pour tous ceux qui se livrent à la recherche scientifique, qu'ils soient préoccupés de *science pure* ou des *applications de la science*.

A Paris, où les grandes et riches bibliothèques abondent, mais où les bibliothèques spécialisées sont malheureusement fort rares, le travailleur est, à chaque pas, retardé ou arrêté par la recherche de beaucoup de recueils dont il a besoin; bien souvent, l'embarras des bibliothécaires auxquels il s'adresse n'est pas moindre. Le nombre des bibliothèques qui possèdent le catalogue imprimé de leurs périodiques est infime. Hier encore, ceux de ces catalogues qui existaient n'étaient pas tous de date récente et ils n'étaient pas tous complets; beaucoup de bibliothèques enfin ne possédaient même pas l'inventaire manuscrit de leurs périodiques.

C'est ce besoin dûment constaté qui m'a conduit à l'idée d'établir un *Inventaire général des périodiques scientifiques de toutes les bibliothèques parisiennes*.

---

(1) Académie des Sciences de l'Institut de France : *Inventaire des périodiques scientifiques des Bibliothèques de Paris*, dressé sous la direction de M. ALFRED LACROIX, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, par M. LÉON BULTINGAIRE, avec la collaboration des bibliothécaires de Paris et le concours de M. AD. RICHARD. Fascicule premier, Paris, Masson et Cie, éditeurs, 1924 (I-XV, 1-320).

Je l'ai soumise, en 1915, à l'Académie qui a bien voulu s'y intéresser et m'a autorisé à en tenter la réalisation sous son patronage.

Après avoir pris l'avis des conservateurs des principales bibliothèques de Paris, un plan détaillé a été établi qui consistait à utiliser les quelques catalogues publiés, à faire copier ceux n'existant qu'à l'état de manuscrit, à susciter l'établissement d'inventaires là où il n'en existait pas. Tous ces documents, dont la réunion et le classement ont demandé plusieurs années au milieu de difficultés sur lesquelles je ne veux pas insister, ont été mis sur fiches, puis fondus en une liste alphabétique unique. Ce grand travail a été effectué, avec un inlassable dévouement, par M. Adolphe Richard. Il en est résulté un premier manuscrit comprenant plus de 900 feuillets qui a été tapé à la machine; 50 exemplaires de cette copie ont été distribués aux principales bibliothèques qui avaient bien voulu répondre à mon appel. Comme pour beaucoup d'entre elles, les renseignements fournis étaient essentiellement ou exclusivement qualitatifs, il leur a été demandé à toutes des indications quantitatives, c'est-à-dire l'état dans lequel se trouvait chacun de leurs périodiques.

En cours de route, le programme primitif n'a cessé de s'élargir, aux bibliothèques publiques ont été ajoutées les bibliothèques générales des grands établissements scientifiques, puis celles de leurs laboratoires et enfin celles des Sociétés savantes et industrielles.

Afin d'aboutir rapidement, cette première liste avait été établie en recopiant les titres des périodiques tels qu'ils avaient été donnés par les bibliothèques. Mais leur relevé avait été fait avec un soin fort inégal; certains de ces titres étaient incomplets ou erronés, il existait des lacunes et des doubles emplois. Il m'a paru alors indispensable de faire appel à un spécialiste autorisé pour effectuer une vérification rigoureuse et faire dans les diverses bibliothèques les démarches nécessaires pour obtenir que les renseignements quantitatifs relatifs à l'état de chaque périodique soient fournis, complétés ou vérifiés.

M. Léon Bultingaire, bibliothécaire à la bibliothèque de l'Université de Paris, a bien voulu se charger de cette tâche délicate et absorbante; il l'a accomplie avec autant de compétence que de dévoûment, en s'adjoignant plusieurs collaborateurs. Il a, en outre, rédigé des tables analytiques des matières et plus tard corrigé les épreuves de l'ouvrage que j'offre à l'Académie.

Je tiens à le remercier de son concours si précieux; je remercie, en outre, les conservateurs ou bibliothécaires des cent quinze bibliothèques dont les

fonds ont été inventoriés et, d'une façon plus spéciale, M. Chatelain, membre de l'Institut (Université); M. Rastoul (Bibliothèque nationale), MM. H. Dehérain et J. Tremblot (Institut), M. le Dr Lucien Hahn et M. Picard (Faculté de médecine), M. le Dr Dorveaux et M. Barrau Dihigo (Faculté de pharmacie), M. Descharmes (Muséum national d'histoire naturelle), M. René Grelet (Société d'encouragement pour l'Industrie nationale), M. l'abbé Langlois (Institut catholique), M. Sustrac (Bibliothèque Sainte-Geneviève), M. Maurice Lévy (Conservatoire des Arts et Métiers), M. G. Rouchès (Ecole des Beaux-Arts), M. Secques (Société de géographie commerciale), qui ont bien voulu revoir les premières épreuves afin de vérifier l'exactitude des indications fournies sur leurs bibliothèques [1].

Si cet ouvrage a pu être réalisé dans un temps relativement court, c'est sans doute un peu parce qu'il a été conçu et dirigé par un homme de science qui n'est pas un bibliographe. Pour arriver au but, il a fallu, en effet, résister à la tentation — qui eût été mortelle avec les ressources dont nous disposions — de chercher à édifier une œuvre de bibliographie savante, impeccable et complète à tous égards. Mon dessein a été moins ambitieux, j'ai voulu seulement mettre entre les mains des chercheurs, et le plus vite possible, un instrument de travail qui leur était indispensable, un instrument de travail ne constituant qu'une première approximation, mais suffisante cependant pour les besoins envisagés et qui pourra être perfectionné et complété ultérieurement. Du reste, je ne doute pas que sa publication ne fasse bien vite trouver dans maintes bibliothèques des périodiques ayant échappé à l'exploration rapide demandée à un personnel dévoué, mais notoirement trop peu nombreux. L'énumération de ces découvertes et des accroissements incessants des bibliothèques fera l'objet de suppléments envisagés dès à présent.

Le fait d'avoir obtenu que toutes les bibliothèques parisiennes effectuent l'inventaire de leurs périodiques scientifiques est un premier résultat, qui, à lui seul, n'est pas négligeable, mais j'espère que l'examen approfondi de notre inventaire général conduira à d'autres conséquences.

Il est impossible de n'être pas frappé par le grand nombre des périodiques scientifiques n'existant à Paris qu'à l'état de tronçons, disséminés et parfois comme égarés dans des bibliothèques différentes; il serait très nécessaire qu'une entente intervienne qui permît de réunir ces tronçons

(1) Les textes en langues étrangères, assez nombreux dans cet ouvrage, ont été corrigés, au point de vue typographique, par le Bureau de traduction de l'École Berlitz de Paris.

pour constituer des séries complètes dans la bibliothèque ou dans les bibliothèques les plus qualifiées pour les recevoir. Je sais bien qu'une semblable opinion paraîtra choquante à ceux qui sont imprégnés du particularisme si fréquent dans les Établissements publics et chimérique à ceux qui connaissent le manque d'élasticité de bien des réglements administratifs, mais je ne puis m'empêcher de penser et de dire que, les livres étant faits non pas seulement pour les bibliothèques, mais surtout pour les lecteurs, il est indispensable de songer à réaliser la meilleure utilisation possible des richesses importantes que nous possédons; du reste, à ce raisonnement de bon sens, les conditions économiques du présent et vraisemblablement du proche avenir, apportent et apporteront un appui malheureusement trop évident. La plupart de nos bibliothèques n'ont pas les ressources suffisantes pour continuer à être encyclopédiques; beaucoup d'entre elles devront être spécialisées, si l'on veut qu'elles rendent les services attendus d'elles. Puisse notre inventaire contribuer pour une part à ce résultat si désirable!

En terminant, je tiens à remercier, au nom de l'Académie, tous ceux dont la générosité a permis la réalisation matérielle de cet ouvrage (rétribution des collaborateurs et impression), sans le secours de subventions officielles. En première ligne, je dois citer le Comité de la Fondation Loutreuil qui a fourni la contribution principale, le *Comité des Forges de France*, le *Comité des Houillères de France*, le *Comité du répertoire de bibliographie des sciences mathématiques*, la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, le *Syndicat des Producteurs et distributeurs d'énergie* (Compagnie parisienne de distribution d'électricité, Union d'électricité, Le Triphasé, Société d'électricité de Paris, Société d'éclairage et force motrice par l'électricité, Ouest-Lumière, Est-Lumière, Société d'applications industrielles, Sud-électrique, Énergie électrique du littoral méditerranéen, Énergie électrique du Nord de la France, Compagnie électrique de la Loire et du Centre), puis nos confrères, le prince Bonaparte, M. Édouard Guillaume, M. Louis Lumière, et enfin MM. Bienenfeld, Loucheur et Auguste Lumière.

GÉOLOGIE. — *Sur un accident tectonique important de la bordure méridionale du Vercors*. Note (¹) de MM. **W. Kilian** et **G. Sayn**.

Une étude attentive des environs du col du Rousset (Drôme) situé au Nord-Nord-Est de Die, nous a permis de reconnaître que la structure du

(¹) Séance du 21 janvier 1924.

bord méridional des plateaux du Vercors est loin de présenter la monotonie d'allure que les observateurs se plaisaient jusqu'à présent à lui attribuer et qu'elle permet de reconnaître les traces de *chevauchements* ayant produit une série d' « Écailles » refoulées de l'Est vers l'Ouest. Une de ces surfaces de discontinuité, inclinée vers l'Est, est nettement observable sur le versant sud du col du Rousset et se trouve coupée par le tunnel de la route.

Ainsi que l'a montré V. Pâquier [1], le synclinal du Vercors se termine au Sud-Est du col par une simple ondulation (voir la figure ci-après) des calcaires urgoniens, par suite d'une élévation de son axe. A l'Ouest de ce « fond de bateau », la route de Die traverse, de l'Est à l'Ouest, en souterrain, les assises suivantes :

1° Calcaires urgoniens blancs, massifs, avec des silex dans certains bancs;

2° Calcaires blanchâtres, moins cristallins, en bancs mieux lités, avec intercalations marneuses ou marnocalcaires (Barrémien);

3° Calcaires urgoniens massifs (comme le n° 1).

On voit plus bas, en suivant les lacets de la route, que la surface qui sépare les couches barrémiennes n° 2 des calcaires urgoniens n° 3 est une *surface de contact anormal* sur laquelle d'autres assises marno-calcaires concordant avec les couches 2, mais inférieures, viennent finir *en biseau*, puis se reployer pour devenir subhorizontales à l'Est. Quant aux calcaires urgoniens n° 3 qui plongent vers l'Est, ils surmontent à l'Ouest des calcaires plus marneux à *Nemausina neocomiensis* E. Dum. et empreintes de *Desmoceras*.

L'ensemble barrémien-urgonien situé à l'Est du Col est donc nettement *refoulé sur un autre complexe* comprenant des assises plongeant à l'Est et se développant à l'Ouest du Col.

D'autres accidents du même genre peuvent être observés à l'Ouest du But de l'Aigle, près du col de Vassieux et du col des Traverses (à l'Ouest du Glaudasse), etc.

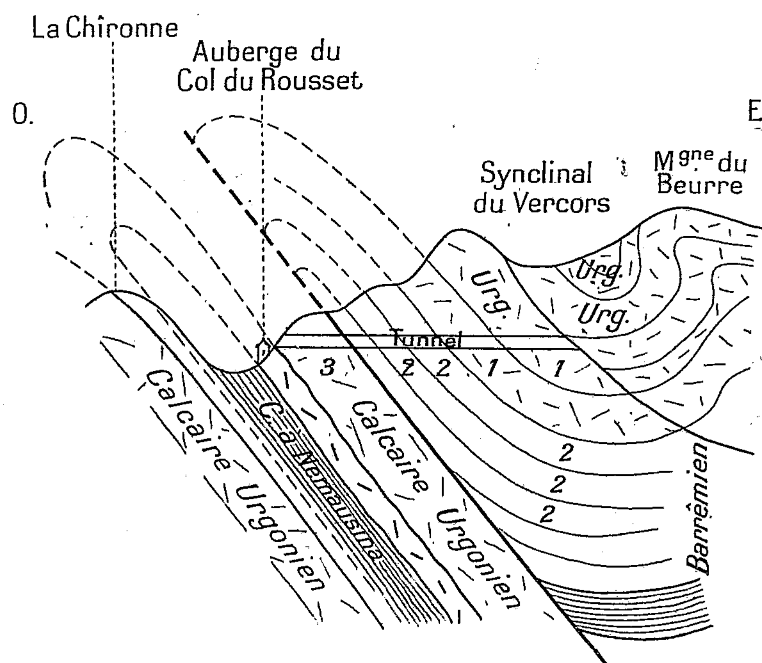
Si l'on rapproche ces faits la constatation qu'il existe également sur la bordure est du Vercors des plis nettement déversés vers le Sud-Ouest et *coupés obliquement par la topographie* [Gerbier, Grande Moucherolle [2], etc.], on arrive à la conclusion que toutes ces dislocations (post-burdigaliennes), de direction sensiblement NS, forment un même ensemble et déterminent

---

(1) V. Pâquier, *Recherches géologiques dans le Diois et les Baronnies orientales* (Thèse) (*Ann. Univ. de Grenoble*, 1900).

(2) Où un renversement des couches a été récemment signalé par M. P. Lory (*C. R. Séances Soc. géol. de France*, 1923).

des sortes d'*imbrications* non encore signalées jusqu'à ce jour dans les assises crétacées qui constituent les plateaux du Vercors.



Coupe relevée au Col du Rousset
et au Sud du But Sapian.

Elles sont à rapprocher de chevauchements du même ordre situés plus au Nord, à Valchevrière par exemple, où M. Jacob a reconnu une dislocation analogue qui a été étudiée depuis par M. Blanchet qui y a signalé un Urgonien dolomitique et à l'Est de Saint-Agnan-en-Vercors où une charnière urgonienne surplombe les dépôts mésocrétacés situés à l'Ouest. Il appartient aux recherches futures d'établir dans le détail la continuité de ces accidents dans les vastes plateaux du Vercors.

La couverture urgonienne du Vercors n'est donc pas, comme on le pensait, simplement et doucement ondulée, mais elle porte la trace très nette d'une série de *refoulements*, tous dirigés de l'Est vers l'Ouest.

Nous espérons montrer dans un travail ultérieur que la partie sud-est de cette intéressante région montre de véritables *recouvrements* ayant déterminé la superposition de *plusieurs séries barrémiennes et urgoniennes* de faciès notablement différents, donnant l'*illusion d'un complexe paléocrétacé unique* et possédant une épaisseur tout à fait anormale [Montagne de Glan-

dasse, Bellemotte ([1]) et environs du col de Menée]. La coupe donnée par V. Pâquier (*loc. cit.*, pl. III, fig. 4) de la montagne de Bellemotte n'est point satisfaisante et montre bien en effet la possibilité d'une superposition anormale.

La région dont il s'agit ici domine d'ailleurs la dépression du Diois dont les assises jurassiques se montrent par places très disloquées dans le détail et dans laquelle des traces d'accidents EO, d'origine provençale, se combinent encore avec des plis et bombements NS (alpins) *sans relation directes, comme l'avait déjà remarqué V. Pâquier avec ceux du Vercors.* Cette région de la vallée de la Drôme apparaît donc comme une sorte de « Fenêtre » incomplète, chevauchée au Nord et au Nord-Est par les masses urgoniennes du Glandasse et du Vercors méridional comme elle l'est à l'Est (col de Lusz, Est de Bonneval, etc.) par le bord de la région de Bochaine.

La simplicité de structure des chaînes subalpines dauphinoises est donc, ainsi que l'un de nous l'a montré en 1921 ([2]) et comme l'a également indiqué M. P. Corbin ([3]), plus apparente que réelle et il semble désormais établi que le refoulement vers l'extérieur des Alpes est ici la règle comme dans la région helvétique. En même temps apparaît d'autre part la possibilité d'expliquer par des accidents tectoniques la subite et brusque apparition, sans marge transitionnelle suffisante, des falaises de calcaires massifs urgoniens au Nord des dépôts paléocrétacés à faciès marneux et bathyal de la « fosse vocontienne » ([4]).

([1]) V. Pâquier avait déjà remarqué qu'aucun des plis du Diois ne se continue dans le Vercors (*loc. cit.*, p. 349).

Les incertitudes d'interprétation auxquelles a donné lieu le Vercors se reflètent également sur la feuille Vizille de la Carte géologique (2e édition), dont les contours (failles transversales, notations du faciès urgonien) donnent une idée très peu intelligible de la structure, comme la notice explicative d'ailleurs se montre peu claire en ce qui concerne la distinction des parties barrémienne et aptienne des calcaires urgoniens.

([2]) W. KILIAN, *Sur un problème de la tectonique des chaînes subalpines dauphinoises* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1434).

([3]) P. CORBIN, *Observations nouvelles sur la bordure orientale des Monts de Lans:* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1379); *Sur la tectonique du bord oriental du massif du Vercors* (*Ibid.*, p. 1095, et t. 174, 1922, p. 763).

([4]) V. PAQUIER, *loc. cit.* — Cet auteur a d'ailleurs décrit des lentilles dolomitiques dans le Barrémien; mais ces dolomies (turriculées et ruiniformes) pourraient bien, à mon avis, représenter un *Urgonien autochtone* de faciès transitionnel, *différent de l'Urgonien massif* et compact qni les recouvre en superposition anormale. Un faciès dolomitique de l'Urgonien a été également reconnu à Sassenage et à Valchevrière par M. F. Blanchet.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les systèmes d'asymptotiques qui correspondent à des réseaux* N *dont l'équation est intégrable par la méthode de Laplace*. Note de M. C. **Guichard.**

On sait qu'à tout réseau N (réseau dont le ds^2 est nul) situé dans un espace d'ordre six, on peut faire correspondre une surface (A) rapportée à ses asymptotiques; la correspondance s'établit de la façon suivante : Les six coordonnées symétriques de la première tangente AR sont égales aux six paramètres $\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_6$ de la seconde tangente de N; de même les six coordonnées de la seconde tangente AS sont égales aux paramètres $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_6$ de la première tangente de N.

Si l'équation du réseau N est intégrale par la méthode de Laplace, je dirai pour abréger, que le système (A) correspondant forme un *système asymptotique intégrable*. L'équation à laquelle satisfont les six coordonnées de AR par exemple sera intégrable et inversement.

Pour trouver tous ces systèmes il suffit de prendre comme point de départ les réseaux N que j'ai étudiés [1]. On aura les fonctions ξ et η en différentiant par rapport à u et v les formules qui donnent les six coordonnées du réseau N. Les coefficients qui entrent dans ces dérivées s'obtiennent en résolvant des équations linéaires oblenues en dérivant par rapport à u et v les équations de conditions qui servent à déterminer les fonctions p et q. Je vais indiquer, en suivant l'ordre des types du mémoire cité, les propriétés des surfaces (A) dans les cas les plus simples.

Premier type. — Si K = 1, on a

$$\xi_1 = x_1, \quad \xi_1 = x_2, \quad \xi_4 = x_4, \quad \xi_4 = 0, \quad \xi_5 = 0, \quad \xi_6 = 0,$$
$$\eta_1 = 0, \quad \eta_2 = 0, \quad \eta_3 = 0, \quad \eta_4 = x''_1, \quad \eta_5 = x'_2, \quad \eta_6 = x'_6,$$

la surface (A) est une quadrique.

Si K = 2, on a

$$\xi_1 = \alpha x_1 + \alpha_1 \frac{dr_1}{du}, \qquad \xi_4 = \alpha_2 x'_1,$$
$$\xi_2 = \alpha x_2 + \alpha_1 \frac{dx_2}{du}, \qquad \xi_5 = \alpha_2 x'_2,$$
$$\xi_4 = \alpha x_3 + \alpha_1 \frac{dx_3}{du}, \qquad \xi_6 = \alpha_2 x'_3,$$

---

[1] *Étude des propriétés métriques des courbes dans un espèce d'ordre quelconque* (*Bulletin des Sciences mathématique*, 1912, Chap. VII).

les α étant des fonctions de u et v qu'il est inutile de déterminer. On voit qu'on aura des relations de la forme

$$(1) \qquad U_1\xi_1 + U_2\xi_2 + U_3\xi_3 = 0;$$

$$(2) \qquad \left\{ \begin{array}{l} V_1\xi_4 + V_1\xi_2 + V_3\xi_3 = 0, \\ V_1^1\xi_4 + V_2^1\xi_5 + V_3^1\xi_3 = 0. \end{array} \right.$$

L'équation (1) montre que si v varie seule, la droite AS appartient à un complexe linéaire; les secondes asymptotiques de (A) sont des courbes dont les tangentes appartiennent à un complexe linéaire, complexe qui varie quand on passe d'une asymptotique à une autre. Tous ces complexes contiennent une même demi-quadrique.

Les équations (2) montrent que si l'on se déplace sur une asymptotique de la première série, la droite AS appartient à une congruence linéaire.

Ce premier type étant symétrique en u et v, la droite AR possède les mêmes propriétés que AS.

Deuxième type. — Si $K = 1$, on a

$$\eta_1 = 0, \qquad \eta_3 = \beta x'_1 + \beta_1 \frac{dx'_1}{dv},$$
$$\eta_2 = 0, \qquad \eta_4 = \beta x'_2 + \beta_1 \frac{dx'_2}{dv},$$
$$\eta_5 = \beta x'_3 + \beta_1 \frac{dx'_3}{dv},$$
$$\eta_6 = \beta x'_4 + \beta_1 \frac{dx'_4}{dv},$$

β et β_1 satisfaisant à l'équation

$$\beta x'_5 + \beta_1 \frac{dx'_5}{dv} = 0.$$

Le rapport $\frac{\beta}{\beta_1}$ est une fonction de v, les η sont des fonctions de v; la première asymptotique est une droite, la surface (4) est une surface réglée appartenant à une congruence linéaire.

Si $K = 2$, on trouve facilement les solutions

$$(3) \qquad V_3\eta_3 + V_4\eta_4 + V_5\eta_5 + V_6\eta_6 = 0;$$

$$(4) \qquad \left\{ \begin{array}{l} V_3^1\xi_3 + V_4^1\xi_4 + V_5^1\xi_5 + V_6^1\xi_6 = 0, \\ V_3^2\xi_3 + V_4^2\xi_4 + V_5^2\xi_5 + V_6^2\xi_6 = 0. \end{array} \right.$$

Si u varie seul, AR appartient à un complexe linéaire. Tous ces complexes contiennent une même congruence.

Si u varie seul, la droite AS décrit une surface appartenant à une congruence linéaire.

Troisième type. — Si $K = 1$, la surface (A) est une surface réglée appartenant à un complexe linéaire.

Si $K = 2$, on a entre les η les relations

$$(5)\qquad V_2\eta_2 + V_3\eta_3 + \ldots + V_6\eta_6 = 0;$$

$$(6)\qquad \begin{cases} V_2^1\xi_2 + V_3^1\xi_3 + \ldots + V_6^1\xi_6 = 0, \\ V_2^2\xi_2 + \qquad \ldots + V_6^2\xi_6 = 0. \end{cases}$$

Si u varie seul, AR appartient à un complexe linéaire.

Tous les complexes ainsi obtenus sont orthogonaux à un complexe fixe, AS décrit une surface appartenant à une congruence linéaire.

Quatrième type. — Si $K = 1$, la surface (A) est une surface réglée générale.

Si $K = 2$, on a des relations de la forme

$$(7)\qquad V_1\eta_1 + V_2\eta_2 + \ldots + V_6\eta_6 = 0;$$

$$(8)\qquad \begin{cases} V_1^1\xi_1 + \qquad \ldots + V_6^1\xi_6 = 0, \\ V_1^2\xi_1 + \qquad \ldots + V_6^2\xi'_6 = 0. \end{cases}$$

Si u varie seul, AR appartient à un complexe. Il n'y a pas de relation linéaire entre les divers complexes obtenus; la droite AS décrit une surface réglée appartenant à une congruence linéaire.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les surfaces de discontinuité.* Note [1] de MM. C. Camichel et M. Ricaud.

I. *Naissance de la surface de discontinuité.* — Les glissenents sur lesquels Helmholtz, dans son étude bien connue sur les surfaces de discontinuité [2], a le premier attiré l'attention, sont possibles en ce sens que rien (en l'absence de viscosité) ne s'oppose à leur persistance une fois qu'ils se sont produits entre deux régions quelconques du fluide. Mais, comme M. Jacques Hadamard l'a montré [3], leur naissance, dans la masse liquide, loin de toute paroi, est impossible, du moins dans les conditions où se place l'Hydrodynamique rationnelle.

---

(1) Séance du 21 janvier 1924.

(2) Helmholtz, *Monatsberichten der Berliner Academie der Wissenchaften*; Berlin, 1868.

(3) J. Hadamard, *Leçons sur la propagation des ondes et les équations générales de l'Hydrodynamique*, Note II, p. 355 (Paris, Hermann) et *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 506.

Dans ces conditions. nous avons pensé qu'il était intéressant d'étudier expérimentalement comment peuvent prendre naissance les surfaces de discontinuité.

Nous avons utilisé, dans ce but, un ajutage horizontal de 15×3^{cm} de section et de $1^m,60$ de longueur. La partie amont en verre est exactement raccordée au reste de l'ajutage qui est en zinc. L'obstacle est constitué par une palette plane 3×3^{cm}, normale au courant. Pour éviter les perturbations pouvant provenir du mode d'ouverture et qui ont été signalées par M. Brillouin (¹), on emploie quatre dispositifs différents :

1° L'extrémité aval porte une fente horizontale de la largeur de l'ajutage et sur laquelle on applique un tampon de bois, qu'on enlève rapidement au début de l'expérience ;

2° La fente débouche dans une chambre d'eau de $16 \times 16 \times 23^{cm}$, munie d'un reniflard à sa partie supérieure, et, à sa partie inférieure, d'un bouchon qu'on enlève pour mettre l'eau en mouvement; dans l'un et l'autre de ces dispositifs, la fente est à $1^m,35$ de l'obstacle;

3° On dispose à l'extrémité aval de l'ajutage, à $1^m,60$ de l'obstacle, un robinet à boisseau portant des fentes parallèles, dans son rotor et dans son stator; on réalise ainsi une ouverture par glissière;

4° On emploie un autre ajutage vertical ayant 10×1^{cm} de section et 1^m de longueur; il est constamment ouvert à ses deux extrémités; on le plonge dans un récipient également vertical de section 20×20^{cm} rempli d'eau et muni à son extrémité aval du robinet à boisseau précédemment utilisé. La distance de l'extrémité aval de l'ajutage au robinet est de 3^m. La palette employée comme obstacle normal au courant a $2^{cm},5 \times 1^{cm}$.

On utilise la méthode photographique habituelle. Au moment de l'ouverture de l'objectif photographique, les particules éclairées sont complètement immobiles et par conséquent, représentées, sur la plaque photographique, par des points noirs qui déterminent la position initiale de ces particules. De ces points, partent des courbes qui sont les photographies des trajectoires après la mise en mouvement de l'eau. On peut, sur ces trajectoires, déterminer les vitesses et les accélérations.

On constate l'existence de deux phénomènes simultanés et étroitement liés :

a. Les particules se trouvant au voisinage de la face aval de la palette jusqu'à une distance (de 2^{cm} environ), dans la région qui sera en régime permanent l'intérieur de la surface de discontinuité, se déplacent d'abord vers l'aval; mais, après un parcours de quelques millimètres, elles rétrogradent de façon à revenir vers leur position de départ; les autres parti-

(¹) Marcel Brillouin, *Sur la diffusion des gaz* (*Congrès international de Physique*, 1900, t. 1, p. 512 à 536).

cules, plus éloignées de la palette, continuent à se déplacer vers l'aval [1].

Cette rétrogradation peut s'interpréter conformément aux théories de M. Hadamard : le déplacement initial de l'eau crée sur la face aval de l'obstacle une dépression qui rappelle les particules de la région centrale vers leur position de départ.

b. Deux tourbillons, tournant en sens inverse, prenant naissance, un à chaque extrémité de la palette, et se déplacent d'abord rapidement vers l'aval, en restant symétriques par rapport à l'axe du phénomène, c'est-à-dire à la normale à la palette passant par son milieu ; puis, quand ils sont à une distance de celle-ci à peu près égale à sa largeur, leur déplacement devient plus lent, mais ils affectent une partie beaucoup plus grande de la masse liquide comprise à l'intérieur des jets. Ces tourbillons disparaissent ensuite entraînés par le mouvement de l'eau : le régime permanent est alors établi.

Les deux tourbillons transitoires dont nous venons de parler n'ont rien de commun avec les tourbillons du régime permanent, qui ont été décrits par MM. M. Brillouin, Villat, Besnard, etc. et qui ne sont pas deux à deux symétriques mais qui prennent naissance alternativement.

II. L'expérience montre nettement que la forme du jet avec un même obstacle plan (palette de $9^{mm},2$ normale au courant dans un ajutage de 15×3^{cm} de section) est la même pour des vitesses moyennes d'écoulement variables entre $1^m,50$ par seconde et $0^m,01$ par seconde. Ce résultat est conforme au calcul.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

P. Lasareff, *Recherches sur la théorie ionique de l'excitation*. Première Partie : *Théorie et lois des excitations liminaires des muscles, des nerfs et des terminaisons nerveuses dans les organes des sens*.

---

(1) Cette dernière particularité montre que la rétrogradation des particules ne peut être attribuée à une perturbation provenant de l'ouverture de l'ajutage, car une perturbation de cette nature produirait un mouvement en masse affectant toutes les particules contenues dans l'ajutage.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les courbes de Bertrand et les courbes de Cesàro.* Note de M. N. Hatzidakis, présentée par M. Appell.

Dans le nº 2, vol. 12, 1923, p. 112 et suiv. des *Science Reports of the Tôhoku Imp. University*, M. Tsurusaburo Takasu a démontré par sa méthode du *plane-space* (c'est-à-dire en considérant les plans comme *éléments d'espace*) la propriété suivante des courbes de Bertrand :

Pour qu'un point fixe sur une droite invariablement liée au trièdre principal d'une courbe décrive, dans le glissement du trièdre le long de la courbe, une courbe normale à cette droite, il faut et il suffit que la courbe donnée soit une courbe de Bertrand.

Je vais montrer cette propriété par la méthode plus courte de Darboux et, de plus, je trouverai deux propriétés nouvelles des courbes de Cesàro.

1. *Le théorème de M. Takasu.* — Soient x, y, z les coordonnées *relatives* fixes du point M′ sur la droite fixe DM′ et a, b, c les cosinus *relatifs* fixes de DM′; α, β, γ; ξ, η, ζ; λ, μ, ν les cosinus *absolus* du trièdre de la courbe donnée (C). Les proportions relatives de la vitesse absolue de M′ seront : $1-\frac{y}{\rho}, \frac{x}{\rho}+\frac{z}{r}, -\frac{y}{r}$ $\left[\frac{1}{\rho}, \frac{1}{r}\right.$ étant les courbures de $\left.(C)\right]$. Il suffit donc d'exprimer que

$$a\left(1-\frac{y}{\rho}\right)+b\left(\frac{x}{\rho}+\frac{z}{r}\right)-c\frac{y}{r}=0,$$

ou bien

$$\frac{1}{\rho}(ay-bx)+\frac{1}{r}(cy-bz)=a.$$

(C) *est donc bien une courbe de Bertrand.* Cependant quand la droite DM′ passe par M, les coefficients de $\frac{1}{\rho}, \frac{1}{r}$ de cette relation s'annulent, *ce qui entraîne aussi que* $a=0$ et alors la courbe initiale est *quelconque*.

2. *Les courbes de Cesàro.* — On sait que les courbes dont les deux courbures sont liées par une relation du second degré *sans membre constant* ont la propriété caractéristique que, *outre les parallèles à la tangente sur le plan rectifiant, il y a aussi d'autres droites fixes par rapport à leur trièdre principal qui décrivent des développables* (¹). Posons-nous maintenant les deux questions suivantes :

(¹) Cesàro, *Geometria Intrinseca.*

1° *Quand est-ce que le point* M′ *dans le problème de M. Takasu* (§ 1) *décrit une courbe normale à la normale principale du trièdre de Frenet généralisé de la droite* DM′ ?

Les cosinus absolus de DM′ étant $A = \alpha a + \xi b + \lambda c$, $B = \ldots$, $C = \ldots$, les cosinus relatifs de la « normale principale » de DM′ seront proportionnels à

$$-\frac{b}{\rho},\quad \frac{a}{\rho}+\frac{c}{r},\quad -\frac{b}{r},$$

et la condition cherchée sera

$$-\frac{b}{\rho}\left(1-\frac{y}{c}\right)+\left(\frac{a}{\rho}+\frac{c}{r}\right)\left(\frac{x}{c}+\frac{z}{r}\right)+\frac{by}{r^2}=0,$$

ce qui nous donne une courbe de Cesàro, mais sans terme en $\frac{1}{r}$

$$\frac{1}{\rho^2}(ax+by)+\frac{1}{\rho r}(az+cx)+\frac{1}{r^2}(by+cz)-\frac{b}{\rho}=0.$$

2° *Quand est-ce que le même point* M′ *décrit une courbe* (C′) *normale à la « binormale » de* DM′?

Les cosinus relatifs de cette binormale seront proportionnels à

$$-\frac{b^2+c^2}{r}-\frac{ac}{\rho},\quad b\left(\frac{a}{r}-\frac{c}{\rho}\right),\quad \frac{a^2+b^2}{\rho}+\frac{ac}{r}$$

et, par conséquent, nous aurons la condition

$$\left(1-\frac{y}{\rho}\right)\left(\frac{b^2+c^2}{r}+\frac{ac}{\rho}\right)-\left(\frac{x}{c}+\frac{z}{r}\right)b\left(\frac{a}{r}-\frac{c}{\rho}\right)+\frac{y}{r}\left(\frac{a^2+b^2}{\rho}+\frac{ac}{r}\right)=0,$$

qui nous donne la courbe de Cesàro

$$\frac{c}{\rho^2}(bx-ay)+\frac{1}{\rho r}[y(a^2-c^2)+b(cx-ax)]+\frac{r^2}{a}(cy-bz)+\frac{ac}{\rho}+\frac{b^2+c^2}{r}=0,$$

avec *tous* les termes, outre le terme constant.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Surfaces à géodésiques toutes fermées.* Note de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. Hadamard.

1. Il est intéressant de déterminer les surfaces à géodésiques fermées : on connaît jusqu'ici, comme seuls exemples, la sphère et certaines surfaces de révolution. Darboux a indiqué, pages 4-9 du Tome III de la *Théorie des Surfaces*, la méthode donnant toutes les surfaces de révolution, à géodésiques

toutes fermées, pour lesquelles la méridienne a un seul parallèle maximum; parmi elles, les unes sont dénuées de toute singularité, les autres ont un ou deux points coniques sur l'axe, ou encore des parallèles anguleux, le long de chacun desquels existent deux *cônes* circonscrits (cylindre exclu).

J'ai démontré que, réciproquement, toute surface de révolution à géodésiques toutes fermées, ne possédant que les singularités susdites, rencontre son axe en deux points et n'a qu'un parallèle maximum, de sorte que l'on n'obtient que les surfaces de Darboux.

2. Mais la considération des surfaces, révolutives ou non, possédant des lignes anguleuses, m'a conduit à des surfaces de révolution ne rentrant plus dans celles de Darboux; elles possèdent un ou plusieurs parallèles anguleux tels que, pour chacun, il existe un cylindre circonscrit et un cône circonscrit; ce parallèle anguleux est géodésique pour l'une des nappes qu'il limite, mais non pour l'autre. Ces surfaces m'ont permis d'en obtenir d'autres *qui ne sont plus de révolution et dont toutes les géodésiques sont fermées*, mais possèdent une ligne anguleuse.

3. J'indique donc quelques principes généraux relatifs aux surfaces, révolutives ou non, à lignes anguleuses.

Deux surfaces régulières, se coupant suivant une ligne L, conservons sur chacune une seule des deux régions de frontière L : soient S et S_1 ces régions conservées. Une géodésique de cette surface anguleuse (S, S_1) peut se dérouler tout entière sur S ou sur S_1, mais elle peut couper L en un point P : dans ce cas, chaque arc issu de P est géodésique sur S ou S_1 et les tangentes Pu, Pu_1 font, avec la tangente en P à L, menée dans un sens arbitraire, des angles supplémentaires. Cette définition se justifie soit par la cinématique, soit par le calcul des variations, et, de plus, si S_1 se raccorde le long de L avec le complément brisé de S (ou même est ce complément), elle coïncide avec la définition usuelle. D'ailleurs cette étude a déjà été faite à ce point de vue pour les polyèdres par Stäckel et Rodenberg, aux *Rendiconti di Palermo* (1906 et 1907). On peut aussi briser une surface le long d'une ligne régulière L, n'en conserver que l'une des régions limitées par L et appeler S la surface externe, S_1 la face interne de cette région : ce qui précède subsiste. C'est ainsi qu'a procédé M. Hadamard pour le « billard non euclidien » (1). Le dodécaèdre régulier conduit à partager la sphère en 12 pentagones sphériques égaux limités par des arcs de grand cercle : chacun d'eux est une surface à géodésiques toutes fermées.

(1) *Procès-verbaux de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 1898.

Si une surface possède un point multiple d'ordre pair à cône de tangentes non décomposé, on doit briser la surface en deux individus géodésiques distincts limités à ce point, car une géodésique qui n'y passe pas se déroule tout entière sur l'un de ces deux individus. Mais sur cette surface tronquée, si un point décrit, sous l'action de la réaction normale de la surface, une quelconque des ∞^1 géodésiques qui arrivent au point conique, il peut continuer son mouvement, aussitôt après ce passage, sur l'une quelconque des géodésiques qui en partent. Nous admettons une telle singularité, mais excluons les ∞^1 géodésiques susdites.

Les lignes de rebroussement offrent une difficulté spéciale, comme le montre l'exemple simple du cylindre qui a pour section droite la développée d'une ellipse : les géodésiques (les génératrices étant exclues) sont, pour cet exemple, des hélices algébriques, à quatre rebroussements, sans branches infinies, donc fermées; mais si l'on étudie le mouvement, sous l'action de la seule réaction normale, on est conduit à introduire une réaction infinie, puis une percussion infinie au moment du passage en un rebroussement. Le théorème sur la conservation de la longueur, d'une géodésique à une autre, ne s'applique plus : on doit prendre la différence de deux arcs séparés par un rebroussement, et non leur somme. J'exclurai les lignes de rebroussement.

4. Sur une surface à géodésiques toutes fermées, on sait que les géodésiques ont toutes même longueur : il y a exception pour la ligne anguleuse *très particulière* que je définis ainsi. Soient deux nappes Σ_1, Σ_2 séparément continues, admettant pour frontière commune une ligne fermée L, *géodésique pour* Σ_1, *mais non pour* Σ_2 : la surface (Σ_1, Σ_2) peut avoir ses géodésiques toutes fermées, mais alors elles se partagent en deux séries : les géodésiques de l'une des séries se déroulent tout entières sur Σ_2 et ont pour longueur commune l, les géodésiques de l'autre série se déroulent en partie sur Σ_2, en partie sur Σ_1, coupent L en $2k$ points, où k est le même entier pour toutes, et ont pour longueur commune $l + 2k\lambda$, où λ est la longueur de L. Le raccord entre les deux séries s'effectue par les géodésiques se déroulant tout entières sur Σ_2 et enveloppant L.

Ces surfaces anguleuses m'ont permis de retrouver très simplement la surface non anguleuse, en forme de poire, algébrique et de degré 4, indiquée par J. Tannery au *Bulletin des Sciences mathématiques* (1892) et de démontrer sur les géodésiques de cette surface une série de théorèmes élégants, difficiles à apercevoir sans les notions expliquées ici.

5. Une notion importante est celle des *morceaux résiduels*. Sur une sur-

face Σ à lignes géodésiques toutes fermées, une ligne L fermée, arbitrairement tracée, sépare Σ en deux fractions S et S_1 séparément connexes : je dirai que S et S_1 sont résiduelles l'une de l'autre. Une géodésique de Σ se trouve décomposée en un certain nombre de tronçons ouverts situés sur S, puis en un même nombre de tronçons résiduels situés sur S_1. Il peut arriver que l'on puisse substituer à S_1 d'autres morceaux de surfaces S'_1, S''_1, ..., limités à L et tels que les tronçons d'une géodésique quelconque de Σ situés sur S puissent être de nouveau reliés par une circulation géodésique sur S'_1. Dans ce cas S_1, S'_1, S''_1, ... sont dites *corésiduelles*. Mais alors si S_1 de son côté admet une série de résiduels S, S', S'', ..., on constate aisément que chaque surface de la série S, S', S'', ... peut être associée à l'une quelconque des surfaces de la seconde série S_1, S'_1, S''_1, ... pour obtenir une surface à géodésiques toutes fermées.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur la connexion affine des surfaces développables.* Note de M. E. **Cartan**, présentée par M. Émile Borel.

J'ai indiqué dans une Note précédente [1] comment on pourrait, en Géométrie affine, définir la connexion affine intrinsèque d'une surface *non développable*. Avant de passer aux surfaces développables, quelques remarques complémentaires ne seront pas inutiles en ce qui concerne les surfaces *réglées*.

I. Les normales affines aux différents points d'une même génératrice G d'une surface réglée (S) sont *concourantes* (ou parallèles); le point de concours peut être appelé le *pôle* de la génératrice. Le plan formé par chaque génératrice G et son pôle enveloppe une surface développable (Σ), dont la génératrice Γ est *parallèle* à G et contient le pôle de G. Il peut arriver que le pôle de G soit sur l'arête de rebroussement de (Σ) : c'est ce qui caractérise les surfaces réglées admettant une représentation géodésique affine sur le plan. Si l'on se donne dans ce cas l'arête de rebroussement de (Σ), les coordonnées X, Y, Z d'un point courant de (S) sont données par les formules

$$X = x + ux' + \frac{Cx''}{\sqrt[3]{|x'y''z'''|}}, \qquad \ldots,$$

où x, y, z sont les coordonnées du pôle et C une constante arbitraire.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 292.

Les surfaces réglées à plan directeur ont leurs pôles rejetés à l'infini.

II. En Géométrie euclidienne, les surfaces développables sont caractérisées par la propriété d'avoir la même connexion métrique que le plan, et la correspondance qui réalise l'isomorphisme de la surface et du plan s'obtient précisément par le *développement* de la surface. En Géométrie affine, il y a lieu de se demander si le développement d'une telle surface sur un plan *peut se faire* suivant une loi ayant une signification intrinsèque, autrement dit s'il est possible d'attribuer à la surface une connexion affine *sans courbure affine riemannienne*. La difficulté vient ici de ce que la notion de normale affine disparaît, ou du moins de ce que la normale affine ne peut plus être définie comme pour les surfaces non développables. La méthode du repère mobile permet de résoudre la difficulté. Encore la solution est-elle différente suivant qu'on a affaire à une surface développable proprement dite, à un cône ou à un cylindre.

III. Pour un cylindre quelconque et pour un cône du second ordre, il est *impossible* de définir intrinsèquement une normale affine [1]. Dans le cas d'un cône qui n'est pas du second ordre, cela au contraire est possible, et *d'une seule manière*, en faisant intervenir les éléments des *six* premiers ordres de la surface. Si l'on choisit en chaque point A un trièdre de référence ayant pour origine le point A, pour plan des xy le plan tangent et pour axe des z la normale affine, l'équation de la surface est réductible à la forme

$$z = \frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{2}x^2y + \frac{1}{2}x^2y^2 + \left(\frac{1}{20}x^5 + \frac{1}{2}x^2y^3\right) + \left(\frac{1}{2}x^2y^4 - \frac{1}{5}x^5y\right) + \ldots$$

Il se trouve que la connexion affine du cône, définie en partant de la normale affine précédente, est *sans courbure*; elle réalise le *développement affine* du cône sur le plan.

IV. Pour une surface développable proprement dite, il existe une infinité de manières d'attacher à chaque point de la surface une droite par des propriétés intrinsèques ne faisant intervenir que les éléments des *cinq* premiers ordres de la surface. Mais parmi toutes les définitions qu'on pourrait en tirer de la normale affine, l'une se distingue des autres en ce qu'elle confère à la surface *une courbure affine* (*riemannienne*) *nulle*, permettant ainsi le *développement affine* de la surface sur un plan. L'équation réduite

---

[1] En Géométrie euclidienne, il est de même impossible d'indiquer, en un point d'un cône isotrope, une droite non tangente au cône et se distinguant de toute autre par des propriétés intrinsèques.

correspondante est, en choisissant la normale affine pour axe des z,

$$z = \frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{2}x^2y + \frac{1}{2}x^2\left(y + \frac{1}{6}x\right)^2 + \left[\frac{1}{2}x^2y\left(y + \frac{1}{2}x\right)^2 + \frac{1}{120}\mathrm{I}x^5\right] + \ldots.$$

V. Les notions fondamentales de la Géométrie affine ont été généralisées pour les hypersurfaces dont la forme asymptotique Φ_2 n'est pas dégénérée [1]. La normale affine peut être définie par une propriété de valeur stationnaire de la fonction $\left|\frac{\partial^2 z}{\partial x_i \partial x_j}\right|$. Elle jouit de la propriété que les tangentes aux lignes de courbure affines, définies au moyen des développables de la congruence des normales, sont conjuguées deux à deux : cette propriété suffit inversement pour la définir (exception faite pour certaines catégories *spéciales* d'hypersurfaces) parmi toutes les droites déterminées intrinsèquement en partant des éléments des trois premiers ordres de l'hypersurface [2].

La connexion affine définie en partant de la normale affine jouit encore de la propriété de comporter une unité de volume *absolue;* cette propriété, ainsi que celle des lignes de courbures affines indiquée ci-dessus, sont deux traductions géométriques d'un même fait analytique. La connexion est de nature métrique pour les hypersurfaces dont le produit des rayons de courbure principaux est constant; le caractère métrique de l'hypersurface s'étend alors à tout l'espace.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le prolongement des fonctionnelles semi-continues.* Note de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. Hadamard.

L'étude de la définition de l'aire d'une surface courbe m'a amené récemment à rattacher cette question au prolongement d'une fonctionnelle semi-continue inférieurement. On pourrait être tenté de définir l'aire d'une surface courbe comme une fonctionnelle connue par des procédés de géométrie élémentaire dans le champ E des surfaces polyédrales et pro-

---

(1) Voir en particulier L. Berwald, *Monatsh. für Math. und Phys.*, t. 32, 1922, p. 89.

(2) Il existe, du reste, pour une hypersurface *générale*, d'autres droites que la normale affine susceptibles d'être définies par des propriétés intrinsèques ne faisant intervenir que les éléments des trois premiers ordres.

longée par continuité dans le champ F des surfaces courbes. Mais il faudrait pour cela que cette fonctionnelle fût déjà continue dans le champ restreint F et l'on sait depuis longtemps qu'il n'en est rien.

A ce propos, rappelons l'objection faite par Peano et Schwarz à l'ancienne définition de l'aire d'une surface courbe S par la limite de l'aire de surfaces polyédrales P_n *inscrites* dans S et convergeant vers S. Elle s'appuie sur un exemple où S est un cylindre et où l'aire de P_n ne converge pas vers une limite finie déterminée. On ne semble pas avoir remarqué qu'on peut modifier aisément cet exemple de façon à prendre pour S un *polyèdre* quelconque (¹).

Par contre, on voit facilement (²) en appliquant et modifiant convenablement un raisonnement de M. Baire que *dans le champ restreint* E *des surfaces polyédrales*, si l'aire est une fonction discontinue, elle offre un exemple simple de fonction *semi-continue inférieurement* et utilisée bien des siècles *avant la naissance de la Théorie des fonctions*.

On pourrait alors s'inspirer de la propriété analogue signalée par M. Lebesgue dans sa Thèse, au sujet de la longueur : la longueur d'une courbe rectifiable est une fonctionnelle semi-continue inférieurement non seulement dans le champ restreint des lignes polygonales, mais encore dans le champ étendu des lignes courbes rectifiables. On dirait alors que l'aire d'une surface courbe est une fonction égale dans le champ E des surfaces polyédrales à l'aire définie en géométrie élémentaire, et qui est prolongée par semi-continuité dans le champ F des surfaces gauches.

Mais on n'a peut-être pas observé qu'une telle définition *ne déterminerait pas* la fonction. On assurera par contre *l'unicité* du prolongement de la notion d'aire d'une surface polyédrale en prenant pour aire d'une surface courbe *la moins discontinue* de toutes les fonctions semi-continues inférieurement sur le champ étendu F, qui sont égales dans le champ E à la fonction donnée initialement.

Ici le « maximum » de chacune de ces fonctions étant partout égal à $+\infty$, on entendra par fonction la moins discontinue celle dont le minimum est pour chaque élément de l'ensemble le plus rapproché du maximum, c'est-à-dire le plus grand possible.

La question du prolongement d'une fonction semi-continue inférieurement dans un champ initial E par une fonction semi-continue inférieurement dans un champ étendu F n'intéresse pas seulement le problème de

---

(¹) FRÉCHET, *Annales de la Société mathématique polonaise*, 1924.
(²) FRÉCHET, *Nouvelles Annales de Mathématiques*, 1924.

la définition de l'aire. Nous avons pu le résoudre [1] dans le cas extrêmement général où l'argument de la fonction est un élément de nature quelconque, mais où l'ensemble F fait partie de ce que nous avons appelé ailleurs une classe ($\mathcal{H}$) [2], classe plus étendue que ce que M. Hansdorf appelle espace topologique.

Comme la seule propriété admise pour la fonctionnelle donnée $A(s)$ sur le champ initial E est la semi-continuité, il est manifeste que le problème du prolongement ne se posera utilement que pour les éléments d'accumulation de E, c'est-à-dire sur l'ensemble E′ dérivé de E :

Soit $A(s)$ *une fonctionnelle semi-continue inférieurement dans un champ* E *d'éléments appartenant à une classe* ($\mathcal{H}$) [2]. *Il existe au moins une fonctionnelle semi-continue inférieurement sur l'ensemble* $F = E + E'$, *qui est égale à* $A(s)$ *sur* E. *La moins discontinue des fonctionnelles de cette espèce est celle qui est égale en tout élément* s_0 *de* E′ *au « minimum de* $A(s)$ *en* s_0 *sur* E [3] ».

On peut rattacher au même ordre d'idées un théorème intéressant publié ici même [4] par M. Bouligand, mais auquel celui-ci est parvenu d'une façon très différente à l'occasion d'une question posée par M. Paul Lévy. Il est possible de compléter et de généraliser le théorème de M. Bouligand.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'emploi de certaines fonctions majorantes dans les théorèmes d'existence.* Note [5] de M. **Leau**, présentée par M. G. Kœnigs.

Il ne semble pas que l'on ait fait ou du moins utilisé la remarque simple que voici :

Etant donnée une série entière

$$f(x) = a_0 + a_1 x + \ldots + a_n x^n + \ldots \tag{1}$$

---

(1) La démonstration n'offre pas de difficulté particulière dans le cas où les éléments d'accumulation sont définis par l'intermédiaire d'une « distance »; elle est un peu plus délicate dans le cas général des classes ($\mathcal{H}$) et sera publiée ailleurs.

(2) On appelle classe ($\mathcal{H}$) toute classe d'éléments où la dérivation des ensembles est soumise aux lois suivantes : α. la dérivation est distributive : $(E + E_1)' = E' + E_1'$; β. un ensemble fini à un dérivé vide; γ. tout ensemble dérivé est fermé.

(3) Le minimum de $A(s)$ en s_0 sur E est la borne supérieure de la borne inférieure de $A(s)$ sur les éléments de E appartenant à un voisinage variable de s_0.

(4) *Comptes rendus*, mars 1923; *Bull. Sc. math.*, 1923.

(5) Séance du 21 janvier 1924.

à coefficients positifs ou nuls, les séries

$$(2) \qquad a_0 + x f'(x) = a_0 + a_1 x + \ldots + n a_n x^n + \ldots,$$

$$(3) \qquad a_0 + a_1 x + \ldots + a_{p-1} x^{p-1} + x^p f^{(p)}(x)$$
$$= a_0 + \ldots + a_{p-1} x^{p-1} + \ldots + n(n-1)\ldots(n-p+1) a_n x^n + \ldots$$

sont majorantes par rapport à la première et chacune l'est par rapport à la précédente; de plus, *les coefficients des termes semblables ne diffèrent que par des facteurs numériques positifs*. Des séries ainsi formellement liées sont convergentes dans le même cercle.

Tout ceci s'étend aux séries entières multiples à coefficients positifs ou nuls.

On peut utiliser avec fruit cette remarque pour *ramener les théorèmes d'existence des solutions d'équations différentielles ou d'équations fonctionnelles différentielles à ceux de fonctions implicites dans le premier cas, de solutions d'équations fonctionnelles ordinaires dans le second.*

Voici, brièvement indiquée, la simplification apportée par cette méthode à la démonstration du théorème fondamental relatif à un système d'équations aux dérivées partielles mis sous forme normale.

Il s'agit du système

$$(4) \qquad \frac{\partial^{r_1} u_1}{\partial x_1^{r_1}} = \Phi_1, \qquad \frac{\partial^{r_2} u_2}{\partial x_1^{r_2}} = \Phi_2, \qquad \ldots, \qquad \frac{\partial^{r_m} u_m}{\partial x_1^{r_m}} = \Phi_m.$$

où les quantités Φ désignent des fonctions des variables x_i, des quantités u_i,

$$p_{i;\alpha_1,\alpha_2,\ldots,\alpha_n} = \frac{\partial^{\alpha_1+\alpha_2+\ldots+\alpha_n} u_i}{\partial x_1^{\alpha_1} \partial x_2^{\alpha_2} \ldots \partial x_n^{\alpha_n}}$$
$$(\alpha_1 < r_i;\ \alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_n \leqq r_i;\ i = 1, 2, \ldots, m),$$

holomorphes au voisinage d'un point que l'on a ramené à l'origine. On sait que, par un changement linéaire des fonctions inconnues, on peut supposer les conditions initiales telles que, ordonné par rapport à x_1, le développement de chaque u_i commence par un terme en $x_1^{r_i}$, et même que les seconds membres des équations soient nuls à l'origine.

Si r est le plus grand des r_i, à chacune des fonctions inconnues u_i on peut associer une autre U_i telle que $\frac{\partial^{r-r_i} U_i}{\partial x_1^{r-r_i}} = u_i$, le développement de U_i, ordonné en x_1, commençant par un terme en x_1^r.

Nous avons ainsi, en U_i, un système (5), analogue au système (4), où les r_i sont tous égaux à r, et la question est de prouver la convergence des développements formels. On peut remplacer les membres de droite par une

même fonction majorante où $x_2, \ldots, x_n$ jouent le même rôle, Dès lors, posant $x_1 = x$, $x_2 + x_0 + \ldots + x_n = y$, on est ramené à la recherche d'une seule fonction U d'x et d'y satisfaisant à une équation

$$(6) \qquad \frac{\partial^r U}{\partial x^r} = F.$$

et dont le développement est formellement défini. *On majore ce développement en remplaçant* dans F,

$$\frac{\partial^{\beta_1+\beta_2} U}{\partial x^{\beta_1} \partial y^{\beta_2}} \begin{pmatrix} \beta_1 + \beta_2 < r \\ \beta_2 > 0 \end{pmatrix} \quad \text{par} \quad x^{r-(\beta_1+\beta_2)} \frac{\partial^r U}{\partial x^{r-\beta_2} \partial y^{\beta_2}}$$

et

$$\frac{\partial^\beta U}{\partial x^\beta} (\beta < r - 1) \quad \text{par} \quad x^{r-1-\beta} \frac{\partial^{r-1} U}{\partial x^{r-1}}.$$

L'équation (6) peut être remplacée par une équation de la forme

$$(7) \qquad \frac{\partial^r U}{\partial x^r} = \frac{M}{\left(1 - \frac{x+y}{R}\right)\left[1 - \frac{\frac{\partial^{r-1} U}{\partial x^{r-1}} + \frac{\partial^r U}{\partial x^{r-1} \partial y} + \ldots + \frac{\partial^r U}{\partial y^r}}{R'}\right]} - M.$$

Substituant au dénominateur à $1 - \frac{x+y}{R}$, $1 - \frac{\mu x + y}{R}$ $(\mu > 1)$ et cherchant une solution fonction de $z = \mu x + y$ on achève la démonstration en reprenant, à peu de chose près, un calcul connu ([1]).

La même méthode, convenablement employée, conduit aussi à une démonstration rapide d'un théorème fondamental relatif aux équations fonctionnelles différentielles que j'ai énoncé ([2]) autrefois et me permet d'y *donner un complément important*.

Soient les substitutions

$$x_1^{(j)} = \varphi_{1,j}(x_1, x_2, \ldots, x_n) \ldots x_s^{(j)} = \varphi_{s,j}(x_1, \ldots, x_n) \ldots x_n^{(j)} = \varphi_{n,j}(x_1, \ldots, x_n)$$
$$(j = 1, 2, \ldots, p),$$

où les fonctions $\varphi_{s,j}$, holomorphes au point $a_1, a_2, \ldots, a_n$, se réduisent à a_s pour $x_1 = a_1 \ldots x_n = a_n$; nous ramenons ce point à l'origine; et soit $z^{(j)}$ le résultat de la substitution de $x_1^{(j)} \ldots x_n^{(j)}$ à $x_1 \ldots x_n$ dans z.

On a un système tel que (4), mais où les Φ contiennent aussi les

$$u_l^{(j)} \quad (p_{l;\alpha_1,\ldots,\alpha_n})^{(j)}$$

et sont holomorphes par rapport à toutes les lettres. Ce système admet

---

([1]) Goursat, *Cours d'Analyse*, t. 2, n° 387.

([2]) *Sur les équations fonctionnelles* (*Comptes rendus*, 26 novembre 1894).

encore une solution comme le système (4) lui-même dans différentes circonstances, notamment (*conditions nouvelles*) si un point $a_1, \ldots, a_n$ (ici o, ..., o) on a

$$\left|\frac{\partial \varphi_{s,j}}{\partial x_s}\right| < 1, \qquad \frac{\partial \varphi_{s,j}}{\partial x_k} = 0 \qquad (k \neq s).$$

Un cas particulier simple est celui d'une seule équation à une variable indépendante, dont la démonstration directe est immédiate. Pour simplifier, supposons une seule substitution. A l'équation

$$(8) \qquad \frac{d^r u}{dx^r} = \Phi\left[x, u, \frac{du}{dx}, \ldots, \frac{d^{r-1} u}{dx^{r-1}}, u^{(1)}, \left(\frac{du}{dx}\right)^{(1)}, \ldots, \left(\frac{d^{r-1} u}{dx^{r-1}}\right)^{(1)}\right],$$

on associe successivement les équations majorantes $\left(\text{avec la substitution majorante } x^{(1)} = \frac{hx}{1 - \frac{x}{\rho}}, \; 0 < h < 1\right)$

$$(9) \qquad \frac{d^r u}{dx^r} = \frac{M}{\left(1 - \frac{x}{R}\right)\left[1 - \frac{u + \frac{du}{dx} + \ldots + \frac{d^{n-1} u}{dx^{n-1}} + u^{(1)} + \ldots + \left(\frac{d^{n-1} u}{dx^{n-1}}\right)^{(1)}}{R'}\right]} - M,$$

$$(10) \qquad \frac{d^r u}{dx^r} = \frac{M}{\left(1 - \frac{x}{R}\right)\left[1 - \frac{(x^r + x^{r-1} + \ldots + x)\frac{d^r u}{dx^r} + (x^r + \ldots + x)^{(1)}\left(\frac{d^r u}{dx^r}\right)^{(1)}}{R'}\right]} - M,$$

Or cette équation fonctionnelle ordinaire en $\frac{d^r u}{dx^r}$ rentre dans un type d'équations que j'ai étudiées dans ma Thèse (p. 11) et qui ont une solution holomorphe nulle à l'origine.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'unicité et la multiplicité des fonctions analytiques.* Note [1] de MM. **N. Lusin** et **J. Priwaloff**, présentée par M. Émile Borel.

Le but de cette Note est de donner un résumé très court des résultats principaux de notre Mémoire sous le même titre, qui paraîtra dans un autre Recueil. Nous nous appuierons sur le résultat suivant [2] :

---

(1) Séance du 21 janvier 1924.

(2) J. Priwaloff, *Intégrale de Cauchy* (Thèse russe), *Bull. de l'Univ. de Saratow* 1918). Cette Thèse russe contient une partie des résultats développés ailleurs d'une manière plus complète.

THÉORÈME I. — *La représentation conforme du domaine, limité par une courbe rectifiable, sur le cercle* $|z| < 1$, *fait correspondre à tout ensemble de points de mesure nulle de la circonférence* $|z| = 1$ *un ensemble de mesure nulle de la frontière rectifiable.*

Ce théorème peut être appliqué à la résolution du problème suivant :

THÉORÈME II. — *Soit* $f(z)$ *une fonction analytique holomorphe à l'intérieur du cercle* $|z| < 1$ *et soit* M *un ensemble de points*, mes. $M > 0$, *situé sur la circonférence* $|z| = 1$. *Si* $f(z)$ *tend vers zéro (ou vers l'infini),* z *tendant vers un point quelconque de l'ensemble* M *suivant tout chemin non tangent à la périphérie, alors la fonction* $f(z)$ *est identiquement nulle (ou infinie).*

De chaque point z_0 de M traçons dans l'intérieur du cercle deux droites faisant chacune l'angle $\frac{\pi}{4}$ avec la tangente en z_0 et un arc de cercle de centre z_0 et de rayon $\frac{1}{n}$. Désignons par $f_n(z_0) = \operatorname{Max}|f(z)|$ le maximum du module des valeurs de $f(z)$ dans le secteur construit.

Les fonctions $f_n(z_0)$ étant finies et mesurables sur M, convergent vers zéro en chaque point de M.

Il existe, d'après le théorème de M. Egoroff [1], un ensemble parfait P, mes $P > 0$, sur lequel la suite $f_n(z_0)$ converge uniformément vers zéro. Un tel ensemble une fois choisi, traçons une courbe rectifiable de la manière suivante : elle contient P tout entier et de plus une infinité de couples de segments de droites tracées de deux extrémités de chaque arc contigu à P dans l'intérieur du cercle et faisant des angles $\frac{\pi}{4}$ avec les tangentes correspondantes.

Désignons par K le domaine dont la frontière est cette courbe rectifiable. Faisons la représentation conforme du domaine K sur le cercle $|x| < 1$. Soit P_1 l'ensemble qui correspond à P sur la circonférence $|x| = 1$. P_1 est parfait et de mesure positive (théorème I). Moyennant cette représentation conforme, la fonction $f(z)$ se transforme en une fonction $\psi(x)$ jouissant des propriétés suivantes :

1° $\psi(x)$ est holomorphe à l'intérieur du cercle $|x| < 1$;

2° $\psi(x)$ est continue dans le domaine fermé $|x| \leqq 1$;

3° $\psi(x)$ est égale à zéro sur un ensemble parfait P_1 de la circonférence $|x| = 1$, mes $P_1 > 0$.

D'après la condition 2° on peut prendre $|\psi(x)| < 1$.

---

[1] EGOROFF, *Comptes rendus*, 1911.

Étude de la fonction $\psi(x)$. — Il est aisé de démontrer l'inégalité :

$$ln|\psi(\rho_0 e^{i\theta_0})| \leqq \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} ln|\psi(\rho e^{i\theta})| \frac{\rho^2 - \rho_0^2}{\rho^2 + \rho_0^2 - 2\rho\rho_0\cos(\theta - \theta_0)} d\theta,$$

où $\rho_0 < \rho < 1$.

Faisons tendre ρ vers l'unité, nous voyons que le second membre tend vers $-\infty$, ce que nous donne $|\psi(x)| \equiv 0$. Le cas où $f(z)$ tend vers l'infini se réduit au cas démontré.

D'autre part, on peut construire une fonction $f(z)$ jouissant des propriétés suivantes :

1° *$f(z)$ est holomorphe à l'intérieur du cercle* $|z| < 1$.

2° *$f(z)$ tend uniformément vers zéro (ou vers l'infini), quand le point z tend vers les points d'un certain ensemble* E, *de deuxième catégorie*, mes $E = 0$.

On peut construire une fonction $f(z)$ jouissant des propriétés suivantes :

1° *$f(z)$ est holomorphe à l'intérieur du cercle* $|z| < 1$.

2° *$f(z)$ tend vers zéro (ou vers l'infini), quand le point z tend le long du rayon vers un point quelconque d'un ensemble* E *de la circonférence*, mes $E = 2\pi$.

L'ensemble E *est nécessairement de la première catégorie.*

D'autre part, *il existe une fonction $f(z)$ de mêmes propriétés par rapport à un ensemble* E *de la deuxième catégorie, de mesure positive, mais* $< 2\pi$.

THÉORÈME III. — *Soit* E *un ensemble de points d'un arc σ de la circonférence* $|z = |1$, *de mesure positive en chaque portion de σ et de la deuxième catégorie. Si une fonction $f(z)$, holomorphe à l'intérieur du cercle $|z| < 1$, tend vers zéro (ou vers l'infini), quand le point z' tend le long du rayon vers un point quelconque de* E, *alors $f(z)$ est identiquement nulle (ou infinie).*

Posons $f_n(z) = f\left(\frac{n-1}{n} z\right)$. La suite des fonctions $f_n(z)$, holomorphes dans le cercle $|z| \leqq 1$, converge, par exemple, vers zéro en chaque point ζ de l'ensemble E. Donc, si $n \geqq n(\zeta)$, $|f_n(\zeta)| < \varepsilon$ [$n(\zeta)$ est le premier nombre naturel tel que pour tout $N \geqq n(\zeta)$ nous avons $|f_N(\zeta)| < \varepsilon$].

Désignons par E_k l'ensemble des points ζ, pour lesquels $n(\zeta) = k$. Nous aurons

$$E = E_1 + E_2 + \ldots + E_k + \ldots \qquad [E_1 \subset E_2 \subset E_3 \ldots].$$

En vertu des propriétés imposées à E, il existe un arc σ', $\sigma' \subset \sigma$, et un ensemble E_k tels, que cet ensemble est partout dense sur σ' et sa mesure sur cet arc est positive. Désignons par M_k l'ensemble $\sigma' \times E_k$. Si ζ appartient

à M_k on a

$$|f_n(\zeta)| < \varepsilon \quad \text{pour } n \geq k.$$

Donc $|f_n(\zeta)| < C$ pour toutes les valeurs de n et pour tout point ζ, $\zeta \subset M_k$.

La fonction $f_n(z)$ étant continue sur σ' et l'ensemble des points M_k étant partout dense sur cet arc, nous avons

$$|f_n(x)| < C \quad \text{pour tout } n \text{ et pour } x \subset \sigma'.$$

Il en résulte, que $|f(z)| < C$ au voisinage de σ'. D'après le théorème de M. Fatou (¹) et d'après notre hypothèse, la fonction $f(z)$ tend vers zéro en presque chaque point de M_k, z tendant vers ces points le long de chemins quelconques non tangents à la périphérie. Il en résulte (théorème II) que $f(z)$ est égale à zéro identiquement.

On peut construire une fonction *analytique* $f(z)$ jouissant des propriétés suivantes :

1° $f(z)$ *est continue à l'intérieur du cercle* $|z| < 1$.

2° $f(z)$ *tend uniformément vers zéro (ou vers l'infini), quand* $|z|$ *tend vers l'unité.*

Les points singuliers de cette fonction forment un ensemble parfait, partout discontinu à l'intérieur du cercle $|z| < 1$.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur les conditions de la possibilité dynamique du mouvement des fluides visqueux et compressibles.* Note de M. **Iswech**, présentée par M. P. Appell.

1. M. Friedmann (²) a résolu le problème de l'élimination du volume spécifique et de la pression entre les équations hydrodynamiques du liquide parfait et il en a déduit une série de conditions imposées au champ de vecteur de force et au champ de vecteur de vitesse qui doivent être satisfaites.

Il paraît intéressant de résoudre cette question pour le cas d'un fluide visqueux et compressible à coefficient de viscosité η constant.

2. Soient V le vecteur de la vitesse, F le vecteur de la force appliquée à l'unité de masse du fluide; en posant

$$S = \frac{\eta}{3}\operatorname{grad}\theta + \eta\,\Delta V, \qquad \theta = \operatorname{div} V,$$

(¹) *Acta mat.*, 1906.

(²) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 219.

on aura le système des équations en question sous forme de

$$(1) \qquad \frac{dV}{dt} = F - \omega \operatorname{grad} p + \omega S; \qquad \frac{\partial \varphi}{dt} + (V, \operatorname{grad} \varphi) = \theta; \qquad \varphi = \log \omega,$$

où p signifie la pression, ω le volume spécifique; nous considérons les vecteurs suivants :

$$G = F - \frac{dV}{dt}, \qquad H = -\operatorname{curl} G, \qquad D = \operatorname{curl} S.$$

Résolvant les trois premières équations du système (1) par rapport à grad p, ce qui est toujours possible, on a

$$\operatorname{grad} p = e^{-\varphi} G + S.$$

En appliquant à la dernière équation l'opération curl nous aurons

$$(2) \qquad H + [\operatorname{grad} \varphi, G] = e^{\varphi} D, \qquad \frac{\partial \varphi}{\partial t} + (V, \operatorname{grad} \varphi) = \theta.$$

La question posée ci-dessus se réduit à la détermination de grad φ qui satisfasse un système (2), c'est-à-dire à l'élimination de φ entre les équations du système (2); en multipliant scalairement par G, on trouve l'équation

$$(G, H) = e^{\varphi}(G, D).$$

Si (G, D) diffère de zéro, $\omega = e^{\varphi}$ est déterminé par la dernière équation comme fonction de t, x, y, z,

$$\omega = e^{\varphi} = \frac{(G, H)}{(G, D)} = m(t, x, y, z).$$

En substituant cette expression dans le système (2) on obtient les conditions de la possibilité dynamique du mouvement sous forme des équations suivantes :

$$H = mD + \frac{1}{m}[G, \operatorname{grad} m], \qquad \frac{dm}{dt} = m\theta.$$

Le cas où (G, D) est différent de zéro nous allons le nommer cas du *mouvement tordu*.

Pour que le volume spécifique diffère de zéro, (G, H) doit être aussi différent de zéro, ce qui ne peut avoir lieu dans le cas d'un fluide compressible parfait.

3. Si (G, D) est égal à zéro, (G, H) le doit être aussi. Nous nommerons ce mouvement : mouvement *non tordu*. Ici nous sommes conduits à discerner deux classes fondamentales :

Si le produit scalaire

$$\mu = (V, G)$$

diffère de zéro, nous nommerons le mouvement *normal*. Si le produit scalaire indiqué est égal à zéro, nous nommerons le mouvement *semi-conservatif*.

Dans le cas du mouvement normal, résolvant le système (2) relativement à grad φ, on a

$$\text{(3)} \qquad \operatorname{grad} \varphi = A + \frac{\partial \varphi}{\partial t} B + e^{\varphi} C,$$

où

$$A = \frac{[H, V] + \theta G}{\mu}, \qquad B = -\frac{G}{\mu}, \qquad C = \frac{[V, D]}{\mu}.$$

Appliquant alors à l'équation (3) l'opération curl, on trouve

$$\text{(4)} \qquad \frac{\partial \varphi}{\partial t} P + e^{\varphi} Q + R = 0,$$

où

$$P = \operatorname{curl} B + \left[\frac{\partial B}{\partial t}, B\right], \qquad Q = \left[\frac{\partial C}{\partial t}, B\right] + \operatorname{curl} C + [A, C],$$
$$R = \operatorname{curl} A + \left[\frac{\partial A}{\partial t}, B\right].$$

4. Si maintenant P diffère de zéro, on obtient

$$e^{\varphi}[P, Q] + [P, R] = 0.$$

Si dans cette dernière équation $[P, Q]$ diffère de zéro, on trouve l'expression du volume spécifique comme fonction déterminée de t, x, y, z,

$$\omega = \xi(t, x, y, z).$$

Les conditions de la possibilité dynamique du mouvement dans ce cas seront

$$(G, H) = 0, \qquad (G, D) = 0, \qquad [[P, Q], R] = 0,$$
$$\operatorname{grad}(\log \xi) = A + \frac{\partial(\log \xi)}{\partial t} H + \xi C.$$

Si l'on a $[P, Q] = 0$, il y a lieu de considérer certains nouveaux vecteurs. L'élimination de φ peut aussi être achevée sans difficulté.

5. Si le vecteur P est égal à zéro, ou si le mouvement est semi-conservatif, caractérisé par la condition $(N, G) = 0$, l'élimination du volume spécifique et de la pression sera faite avec l'aide de transformations vectorielles plus compliquées.

6. Le mouvement semi-conservatif, caractérisé par la condition

$(V, G) = 0$, se subdivise en plusieurs cas étudiés séparément. Quoique, dans le cas du mouvement semi-conservatif, il soit indispensable, pour l'élimination du volume spécifique et de la pression, d'avoir recours à des transformations vectorielles plus compliquées, la solution du problème peut, néanmoins, être conduite à terme.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur le mécanisme du vol des oiseaux voiliers.* Note [1] de M. **Charles Nordmann**, présentée par M. Bigourdan.

Ayant déjà examiné les objections de M. Vasilesco Karpen [2], je ne crois pas utile d'y revenir.

Cependant sa dernière Communication [3] appelle les remarques suivantes :

1° M. Karpen assure que l'influence sur le vol à voile des accélérations du vent « s'exerçant tantôt dans un sens favorable, tantôt dans un sens contraire, son effet moyen ne peut être que négligeable ». Cela est exact dans tous les cas, sauf dans celui où l'oiseau inverse le sens de son angle d'attaque de manière que, reçues de l'avant ou de l'arrière, les accélérations s'exercent toujours dans un sens favorable. Ce cas correspond précisément à l'hypothèse que j'ai émise.

2° M. Karpen considère comme « *a priori* inacceptable » l'idée que l'oiseau arrive à voler en recevant le vent par l'arrière. Or les observations faites sur les oiseaux voiliers, notamment les meilleures et les plus consciencieuses de toutes celles que nous possédions, celles de Mouillard [4], établissent que cette manœuvre « est très employée ».

3° M. Karpen écrit d'une part que l'oiseau décrit des orbes « de manière à rester constamment dans un sens contraire à l'accélération du vent », d'autre part, et quelques lignes plus bas, que « les voiliers n'utilisent pas les fluctuations rapides du vent ». Il semble y avoir contradiction entre ces deux propositions, car si l'oiseau ne vole pas dans un sens contraire aux accélérations rapides du vent (et l'on ne nous dit pas quelle est la définition qui distingue celles-ci des autres), il est clair qu'il ne vole pas *constamment* en sens contraire des accélérations de celui-ci.

---

(1) Séance du 21 janvier 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 944.

(3) Ce volume, p. 191.

(4) Voir notamment *L'Empire de l'air*, p. 44-45.

RELATIVITÉ. — *La courbure d'univers.*
Note de M. **Lémeray**, présentée par M. L. Lecornu.

Les résultats qui font l'objet de deux Communications antérieures ([1]) ont été obtenus à partir de l'élément de ligne cosmique :

$$(1)\qquad ds^2 = -\frac{dr^2}{1+\alpha} - r^2\,d\theta^2 - r^2\sin^2\theta\,d\varphi^2 + V^2(1+\alpha)\,d\tau^2;$$

$$\alpha = \frac{r^2}{a^2},\qquad \alpha' = \frac{d\alpha}{dr} = \frac{2r}{a^2},\qquad \alpha'' = \frac{d\alpha'}{dr} = \frac{2}{a^2};$$

φ est un angle azimutal, θ un angle zénithal, r et τ sont deux paramètres ayant respectivement les dimensions d'une longueur et d'un temps, a et V sont deux constantes ayant respectivement les dimensions d'une longueur et d'une vitesse. Le tenseur fondamental est

$$g_{11} = -\frac{1}{1+\alpha},\qquad g_{22} = -r^2,\qquad g_{33} = -r^2\sin^2\theta,\qquad g_{44} = 1+\alpha,$$
$$g_{ij} = 0\qquad (i \neq j).$$

Quand les g_{ij} sont nuls pour $i \neq j$, les composantes du tenseur réciproque contrevariant sont les inverses des précédents :

$$g^{11} = -(1+\alpha),\qquad g^{22} = -\frac{1}{r^2},\qquad g^{33} = -\frac{1}{r^2\sin^2\theta},\qquad g^{44} = \frac{1}{1+\alpha}.$$

Les symboles à trois indices, de première et de seconde espèce, sont

$$\begin{bmatrix} ij \\ k \end{bmatrix} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial g_{ik}}{\partial x_j} + \frac{\partial g_{jk}}{\partial x_i} - \frac{\partial g_{ij}}{\partial x_k}\right),\qquad \begin{Bmatrix} ij \\ l \end{Bmatrix} = g^{lk}\begin{bmatrix} ij \\ k \end{bmatrix},$$

avec la convention de sommation pour les indices muets.

Le tenseur mixte de Riemann-Christoffel a pour composantes ([2])

$$\{ik, jh\} = T^k_{ijh} = \frac{\partial}{\partial x_h}\begin{Bmatrix} ij \\ k \end{Bmatrix} - \frac{\partial}{\partial x_j}\begin{Bmatrix} ih \\ k \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} ij \\ l \end{Bmatrix}\begin{Bmatrix} lh \\ k \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} ih \\ l \end{Bmatrix}\begin{Bmatrix} lj \\ k \end{Bmatrix}.$$

On aurait

$$T^k_{ihj} = -T^k_{ijh}.$$

([1]) *Comptes rendus*, 10 juillet 1922; 3 décembre 1923.

([2]) Ricci et Levi-Civita, *Méthodes de Calcul différentiel absolu*, p. 142 (A. Blanchard, 1923).

Le tenseur contracté d'Einstein G_{ij} s'obtient en faisant $h = k$ dans T^k_{ijh} :

$$G_{ij} = \frac{\partial}{\partial x_h}\left\{\begin{matrix} ij \\ h \end{matrix}\right\} - \frac{\partial}{\partial x_j}\left\{\begin{matrix} ih \\ h \end{matrix}\right\} + \left\{\begin{matrix} ij \\ l \end{matrix}\right\}\left\{\begin{matrix} lh \\ h \end{matrix}\right\} - \left\{\begin{matrix} ih \\ l \end{matrix}\right\}\left\{\begin{matrix} lj \\ h \end{matrix}\right\}.$$

Comme les g^{ij} sont nuls aussi pour $i \neq j$, le tenseur mixte associé se réduit aux composantes

$$G^1_1 = g^{11}G_{11}, \qquad G^2_2 = g^{22}G_{22}, \qquad G^3_3 = g^{33}G_{33}, \qquad G^4_4 = g^{44}G_{44}.$$

Enfin la courbure scalaire G d'Einstein a pour valeur

$$G = G^1_1 + G^2_2 + G^3_3 + G^4_4.$$

Dans le cas qui nous occupe, il est essentiel que la densité d'univers soit positive; comme la densité est de même signe que G, il faut que G soit positif. L'élément cosmique choisi doit donc satisfaire à cette condition, sans quoi il serait à rejeter : cette condition est effectivement remplie. En effet, dans le cas où l'on a

$$g_{11}g_{44} = -1 \qquad \text{et} \qquad g_{44} = 1 + \alpha,$$

α étant fonction de r, les symboles de seconde espèce à trois indices et non nuls sont les douze suivants :

$$\left\{\begin{matrix} 12 \\ 2 \end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix} 21 \\ 2 \end{matrix}\right\} = \frac{1}{r}, \qquad \left\{\begin{matrix} 22 \\ 1 \end{matrix}\right\} = -r(1 + a),$$

$$\left\{\begin{matrix} 13 \\ 3 \end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix} 31 \\ 3 \end{matrix}\right\} = \frac{1}{r}, \qquad \left\{\begin{matrix} 33 \\ 1 \end{matrix}\right\} = -r(1 + \alpha)\sin^2\theta.$$

$$\left\{\begin{matrix} 14 \\ 4 \end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix} 41 \\ 4 \end{matrix}\right\} = \frac{1}{2}\frac{\alpha'}{1+\alpha}, \qquad \left\{\begin{matrix} 33 \\ 2 \end{matrix}\right\} = -\sin\theta\cos\theta.$$

$$\left\{\begin{matrix} 23 \\ 1 \end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix} 32 \\ 1 \end{matrix}\right\} = \frac{\cos\theta}{\sin\theta}, \qquad \left\{\begin{matrix} 44 \\ 1 \end{matrix}\right\} - \frac{1}{2}\frac{\alpha'}{1+\alpha}.$$

En portant ces valeurs dans G_{ij}, on obtient

$$G_{11} = -\frac{1}{2}\frac{\alpha''(1+\alpha) - \alpha'^2}{(1+\alpha)^2} - \frac{1}{2}\frac{\alpha'^2}{(1+\alpha)^2} - \frac{\alpha'}{r(1+\alpha)}, \qquad G_{44} = -(1+\alpha)^2 G_{11}.$$

$$G_{22} = 1 - (1+\alpha)\left[1 + r\frac{\alpha'}{1+\alpha}\right], \qquad G_{33} = -G_{22}\sin^2\theta.$$

Remplaçant maintenant α, α', α'' par leurs valeurs, on trouve

$$G_{11} = \frac{3}{a^3\left(1 + \frac{r^2}{a^2}\right)}, \qquad G_{44} = \frac{3}{a^3}\left(1 + \frac{r^2}{a^2}\right),$$

$$G_{22} = -\frac{3r^2}{a^2}, \qquad G_{33} = -\frac{3r^2}{a^2}\sin^2\theta.$$

On obtient ensuite pour le tenseur mixte associé

$$G_1^1 = G_2^2 = G_3^3 = G_4^4 = \frac{3}{a^2}.$$

Enfin pour le scalaire d'Einstein on a

$$G = \frac{12}{a^2}.$$

La courbure est donc bien positive comme il le fallait. On arrive encore à la même conclusion de la manière suivante. On sait qu'on retrouve par approximation le potentiel newtonien en fonction de g_{44}

$$\Psi = \frac{1}{2} V^2 (g_{44} - 1),$$

ce qui, dans notre cas, donne

$$\Psi = \frac{1}{2} V^2 \frac{r^2}{a^2}.$$

Or la force est la dérivée du potentiel changée de signe alors sa valeur est

$$-\frac{V^2 r}{a^2}$$

(mais ici r est la distance au centre des coordonnées); elle est attractive au sens de Newton; comme à l'intérieur d'une sphère de densité uniforme δ, la force a pour valeur

$$-4\pi\delta f r \quad (f, \text{ const. de Newton}),$$

on vérifie que δ est positive.

L'emploi que nous avons fait de l'élément de ligne (1) est donc justifié à ce point de vue.

Il faut noter que nous n'avons cherché qu'une représentation, conformément à l'esprit de la théorie de la relativité; il ne faut pas attacher aux mots centre, sphère centrale, etc., autre chose qu'un sens représentatif. On n'a pas le droit d'étendre par similitude, de se demander, par exemple, ce qu'il y a en dehors de la sphère a. Il n'y a rien, pas même le vide (physique), car ce vide c'est l'espace où la lumière peut se propager; or, sur notre représentation la lumière ne sort pas de la sphère a.

Il en est de même de la gravitation; celle-ci ne peut mettre « notre » univers en relation avec un autre situé « ailleurs », car l'application de la loi de Newton (transformée), applicable à une sphère de dimensions restreintes, ne l'est plus pour l'univers entier.

RELATIVITÉ. — *Sur l'interprétation de l'expérience de Michelson.* Note de M. E. **Brylinski**, transmise par M. Daniel Berthelot.

Dans une Note récente de M. Metz [1] sont exprimées des critiques qui m'obligent à présenter quelques remarques supplémentaires au sujet de mon étude de l'expérience de Michelson, remarques que je m'étais abstenu de présenter dans la crainte de lasser l'Académie.

Il est évident que, si la glace à 45° est fixée au plateau en plusieurs points, elle participera de la contraction du plateau, si une pareille contraction existe, et qu'il en résultera une modification de l'angle qui ne sera plus exactement égal à 45°. Cette conséquence m'était apparue dès le début de mon travail; on trouvera les calculs correspondants dans un autre Recueil. Je n'avais pas soumis ces calculs à l'Académie parce qu'ils n'apportent pas de solution nouvelle.

Mais on peut supposer que la glace soit fixée au plateau de telle façon que l'angle de 45° soit conservé. C'est là l'hypothèse qui me paraît implicitement contenue dans les explications habituellement données de l'expérience, explications qui sont antérieures à la théorie de la relativité et énoncées dans le langage, que j'ai conservé, de la théorie usuelle. On précise dans ces explications que l'angle de la glace est de 45°, avant qu'il soit question d'une contraction possible, et, lorsqu'on arrive à supposer l'existence d'une contraction, on ne fait aucune allusion à une modification quelconque de la marche des ondes lumineuses, ce qui suppose que l'orientation de la glace semi-transparente n'a pas varié par rapport à ces ondes. C'est pourquoi il m'a paru intéressant d'indiquer les résultats que l'on obtient dans ce cas.

Il est évidemment beaucoup plus facile d'envisager l'expérience du point de vue de la relativité, mais cela peut n'être pas sans inconvénients; en particulier, je ne vois pas bien comment, de ce point de vue, on pourra apprécier la valeur des résultats positifs très nets qu'a obtenus M. Miller dans ses expériences de 1921, et qui méritent assurément d'être discutés d'une manière approfondie.

Il ne sera sans doute pas inutile de donner en traduction de courts extraits de la Note publiée à ce sujet par M. Dayton C. Miller dans la *Physical Review* (vol. 19, n° 4, 1922) :

« L'interféromètre à trajet de lumière de 68^{m}, employé par Morley et

[1] *Comptes rendus*, t. 178, n° 3, 14 janvier 1924, p. 314.

Miller à Cleveland en 1904 et 1905, a été remonté à l'Observatoire du mont Wilson et des observations ont été effectuées en avril et décembre 1921.... Les résultats montrent un déplacement défini, périodique au cours de chaque demi-tour de l'interféromètre, de l'espèce attendue, mais ayant une amplitude d'un dixième environ de celle présumée.... Ce déplacement est toujours accompagné d'une perturbation périodique en un tour complet de l'interféromètre, dont la cause n'a pu encore être déterminée. Les observations montrent que l'effet n'est pas dû au magnétisme et que sa grandeur est la même en avril et en décembre. »

Il semble résulter de ce texte que les résultats positifs obtenus ont été d'une grande netteté; en particulier, la perturbation périodique en un tour complet, tout à fait inattendue, présente un vif intérêt. Elle paraît, en effet, pouvoir s'expliquer aisément par les résultats obtenus dans l'étude de la précision de l'expérience.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la décharge électrique à fréquence très élevée.* Note de M. C. **Gutton**, transmise par M. G. Ferrié.

Poursuivant des recherches sur la décharge en haute fréquence [1] dans des tubes de verre contenant de l'air sec à basse pression, j'ai déterminé, pour des fréquences croissantes, les courbes qui représentent, en fonction de la pression, la différence de potentiel efficace pour laquelle le tube devient lumineux et trouvé une fréquence pour laquelle ces courbes changent complètement de forme.

Tandis que, pour les périodes supérieures à cette période critique, il existe une pression pour laquelle la différence de potentiel passe par une valeur minimum, aux périodes inférieures ce minimum disparait; la différence de potentiel pour laquelle la décharge s'amorce diminue constamment avec la pression. Cette diminution devient très rapide à partir de la pression, qui, à plus haute fréquence, correspondait au plus facile passage de la décharge.

Les résultats rapportés ci-dessous sont relatifs à un tube cylindrique de 3^{cm} de diamètre intérieur et de $7^{cm},5$ de longueur. Ce tube rodé aux extrémités est fermé par des lames de verre de $0^{cm},15$ d'épaisseur, mastiquées contre les bords du tube. Sur la face extérieure de ces lames sont

(1) Gutton, Mitra et Ylostalö, *Comptes rendus*, 25 juin 1923.

collées, par un peu de cire, des feuilles de papier d'étain qui servent d'électrodes.

Les mesures ont été faites aux pressions, mesurées à la jauge, comprises entre $0^{mm},5$ et $0^{mm},005$ de mercure.

Un électromètre idiostatique de très faible capacité sert à déterminer la différence de potentiel efficace pour laquelle le tube s'illumine. Son aiguille est un petit rectangle en aluminium mince de $0^{cm},8$ de longueur et $0^{cm},5$ de hauteur; elle est suspendue par un fil de quartz. En regard de ses extrémités et à 1^{cm} de distance, sont disposés les centres de deux petites plaques carrées, en laiton, ayant 1^{cm} de côté. Ces plaques sont réunies par des fils très courts aux électrodes du tube. L'électromètre est gradué en volts en comparant ses indications à celles d'un électrodynamomètre Meylan-d'Arsonval.

Les électrodes du tube et l'électromètre sont reliés à une bobine dont le fil est enroulé dans une rainure en hélice, de pas $0^{cm},195$, taillée sur la surface d'un cylindre d'ébonite de 8^{cm} de diamètre.

Cette bobine est disposée à 15^{cm} environ d'un circuit oscillant entretenu par une lampe à grille. Sa période est accordée sur celle de l'ensemble constitué par la bobine, l'électromètre et les électrodes du tube à gaz.

Pour déterminer le nombre de volts efficaces pour lequel la décharge s'amorce, on augmente lentement la différence de potentiel entre les électrodes en faisant croître l'intensité du courant dans le filament de la lampe et l'on suit les indications de l'électromètre jusqu'à ce que le tube devienne lumineux.

La longueur d'onde qui correspond à la fréquence des oscillations est obtenue de la manière suivante : Une boucle de fil est disposée près de l'oscillateur, elle réunit, à son origine, les deux fils de cuivre d'une ligne le long de laquelle on déplace un pont. Pour la première position de ce pont qui met en résonance la ligne, celle-ci enlève de l'énergie à l'oscillateur et le tube à gaz raréfié s'éteint. La longueur d'onde est le double de la longueur de la ligne pour laquelle cette extinction se produit.

Pour faire des séries de mesures à différentes fréquences, on change le nombre de tours de la bobine reliée au tube à gaz et l'on accorde sur la période de son circuit, celle de l'oscillateur. On règle cet accord en observant la déviation de l'électromètre. On adopte entre les deux circuits le plus faible couplage pour lequel on obtient une différence de potentiel suffisante entre les électrodes, et l'on ne change plus ce couplage durant une série de mesures. On évite de chauffer le filament de la lampe à grille jusqu'à une

température pour laquelle des décharges se produiraient dans l'ampoule, ces décharges provoqueraient, en effet, de brusques variations d'amplitude des oscillations que l'aiguille de l'électromètre ne suivait pas.

Pour la longueur d'onde 27^{m} (fréquence, 11100000), la différence de potentiel pour laquelle le tube s'illumine décroît lorsque la pression passe de $0^{mm},5$ à $0^{mm},05$, puis elle augmente ensuite très vite pour des pressions décroissantes jusqu'à $0^{mm},005$. Aux fréquences inférieures on trouve aussi une pression qui correspond au plus facile passage de la décharge.

Mais, pour une longueur d'onde égale à 25^{m} (fréquence, 12000000), la différence de potentiel qui provoque l'illumination décroît constamment lorsque la pression diminue. Cette baisse de la différence de potentiel qui amorce la décharge est très rapide au-dessous de la pression, à partir de laquelle, pour 27^{m} d'onde elle commençait, au contraire, à augmenter.

Voici, par exemple, des résultats relatifs à quelques mesures faites à des fréquences qui comprennent celle pour laquelle la décharge à basse pression change de nature. Les pressions sont évaluées en millimètres de mercure et les différences de potentiel en volts efficaces.

$\lambda = 44^{m},6$.	$\lambda = 27^{m}$.	$\lambda = 24^{m},9$.	$\lambda = 13^{m},3$.
$0^{mm},513$—347^{v}	$0^{mm},532$—323^{v}	$0^{mm},583$—334^{v}	$0^{mm},625$—352^{v}
0,377—310	0,379—296	0,320—276	0,262—265
0,232—265	0,169—249	0,169—234	0,097—212
0,143—240	0,065—221	0,071—193	0,036—181
0,083—220	0,030—224	0,037—186	0,023—164
0,048—274	0,023—240	0,008—130	0,009—107

Pour les longueurs d'onde comprises entre 27 et 25^{m}, et aux basses pressions, on obtient, à cause de très petits changements accidentels des conditions d'expérience, tantôt l'un des modes de décharge, tantôt l'autre.

Aux longueurs d'onde inférieures à 25^{m}, l'illumination du tube, après amorçage, s'entretient pour de très faibles différences de potentiel, 60 volts environ pour $0^{mm},008$.

Comme la différence de potentiel qui produit la décharge, celle qui l'entretient diminue avec la pression; elle augmente, au contraire, aux basses pressions pour les longueurs d'onde supérieures à 27^{m}.

Je me propose d'étudier comment la fréquence critique dépend de la longueur du tube et de la nature du gaz et de rechercher si on la retrouve encore pour des tubes à électrodes métalliques intérieures.

Dans ces phénomènes intervient vraisemblablement le temps de parcours

des ions et la durée d'accumulation des charges qui provoquent la chute cathodique de tension; leur étude aidera peut-être à établir la théorie fort peu connue de la décharge aux très basses pressions.

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE. — *Sur les objectifs de Clairaut-Mossotti.* Note de M. **Henri Chrétien**, présentée par M. A. Cotton.

Les *objectifs de Clairaut* sont des objectifs astronomiques à deux verres collables; les trois rayons de courbure des surfaces sont déterminés par la longueur focale de l'instrument, par la condition d'achromatisme et, enfin, par la condition du stigmatisme sur l'axe.

L'*objectif de Mossotti* présente la même disposition, mais la condition d'achromatisme est abandonnée et est remplacée par celle de la suppression de l'aigrette (ou coma). Les puissances φ_2 et φ_4 des lentilles sont ainsi déterminées par une équation du cinquième degré. L'objectif pourra ensuite être rendu achromatique en choisissant des verres dont les *constringences* $\nu = \frac{(n-1)}{\delta n}$ sont proportionnelles à ces puissances, prises en valeurs absolues; ce qui est possible aujourd'hui, grâce à la création des nouveaux verres.

On a remarqué (M. Turrière, en particulier) que les objectifs de Mossoti revêtaient toujours une forme voisine de celle qui correspond à la racine double de l'équation de Clairaut. Tout récemment encore, M. A. Biot, dans les *Annales de la Société scientifique de Bruxelles* (¹), étudie à nouveau la question. Après avoir fait une vérification empirique sur les Tables numériques d'Harting et constaté que la valeur qui s'en déduit pour le discriminant est, en effet, très faible, l'auteur estime que ce résidu tient sans doute au faible degré de précision des valeurs d'Harting et à la grandeur des nombres qui interviennent dans les calculs. Il conclut : « La question de savoir si une réalité physique se cache sous ces apparences reste ouverte. »

Il ne paraîtra donc pas inutile de faire connaître la raison théorique de ce phénomène, telle que je l'expose depuis 1920 dans mon *Cours de l'Institut d'Optique*.

Comme on le sait, l'équation de Clairaut est du second degré et conduit ainsi, quand ses racines sont réelles, à deux formes possibles pour l'objectif cherché.

(¹) Séance du 25 octobre 1923.

Laquelle de ces deux formes doit-on adopter? Quand il s'agit d'un objectif de lunette, on donne la préférence à celle qui implique les moindres courbures.

Mais, puisque l'objectif n'est pas aplanétique au sens moderne du mot, on pourrait être tenté de choisir la solution qui conduit à la moindre valeur de la coma, c'est-à-dire celle qui vérifie le mieux la *condition des sinus*.

Or, si l'on fait le calcul de la *somme première* de Seidel,

$$S_1 = \Sigma Q \Delta \frac{1}{nx},$$

qui donne la mesure de la coma quand l'aberration sphérique est déjà corrigée, on sera déçu dans son choix, car les deux formes procurent des valeurs de S_1 sensiblement *égales et de signes contraires*.

Soient, en effet, φ_2 et φ_4 les puissances des composantes (avec $\varphi_2 + \varphi_4 = 1$); P la courbure de Petzval :

$$P = -\frac{\varphi_2}{n_2} - \frac{\varphi_4}{n_4};$$

enfin, Q_3 l'invariant paraxial relatif à la surface de collage (M_3) :

$$Q_3 = n_2\left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{x_3}\right) = n_4\left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{x'_3}\right).$$

On trouvera pour expression de S_1 dans l'objectif de Clairaut, le point-objet étant supposé à l'infini,

$$S_1 = (1 - P) Q_3 + \frac{\varphi_2^2}{n_2 - 1} - \frac{\varphi_4^2}{n_4 - 1} - \varphi_4.$$

Si nous remplaçons Q_3 par sa valeur, racine de l'équation de Clairaut, il viendra :

$$S_1 = -\frac{1}{2}\,\frac{1+P}{1-2P}\left(\frac{\varphi_2^2}{n_2-1} - \frac{\varphi_4^2}{n_4-1} + \frac{2P}{1+P}\varphi_4\right) \pm (1-P)R,$$

R désignant le radical de l'équation de Clairaut.

Or, on sait que P, vu les valeurs admissibles pour les indices de réfraction des verres, est à peu près constant et voisin de $-\frac{3}{4}$. D'autre part, la puissance de la lentille convergente varie de $+2$ à $+6$. Par suite, le premier terme qui figure dans l'expression de S_1 est petit, de sorte que S_1 est approximativement égal à $\pm(1-P)R$.

Nous avons d'ailleurs vérifié cette conclusion sur les valeurs exactes de S_1 calculées pour tous les objectifs de Clairaut pratiquement réalisables.

On comprend dès lors pourquoi les objectifs de Mossotti ont des formes voisines de celles qui correspondent à la racine double de l'équation de Clairaut. Comme le premier terme de S_1 n'est pas identiquement nul, cette conclusion n'est pas rigoureuse, ce qui, d'ailleurs, était évident *a priori;* car, autrement, l'équation de Mossotti se réduirait à $R = 0$, et ne serait pas du cinquième degré.

SPECTROSCOPIE. — *Extension des spectres d'étincelle du plomb, du bismuth, de l'antimoine et du thallium dans l'ultraviolet extrême.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**, présentée par M. M. Brillouin.

Ainsi que nous l'avons indiqué récemment ([1]), nous avons repris nos anciennes mesures ([2]) en utilisant comme sources lumineuses des étincelles condensées jaillissant dans l'azote sous la pression atmosphérique. Les perfectionnements apportés à notre montage nous ont permis d'atteindre des longueurs d'onde voisines de 1300 angströms, c'est-à-dire de dépasser notablement le domaine de nos expériences précédentes.

La Note actuelle réunit les résultats obtenus avec le plomb (23 raies nouvelles), le bismuth (11 raies nouvelles), l'antimoine (20 raies nouvelles) et le thallium (14 raies nouvelles). Les raies nouvelles sont situées, en général, dans la région extrême; cependant quelques-unes d'entre elles, de faible intensité, viennent s'intercaler au milieu des raies publiées antérieurement. Nous avons contrôlé et souvent modifié légèrement les longueurs d'onde de ces dernières raies : les valeurs anciennes sont inscrites dans la colonne « Observations » pour permettre la comparaison. Lorsque l'attribution d'une raie à l'élément étudié nous a paru douteuse, nous avons signalé les éléments auxquels elle pourrait être rattachée. Toutes les mesures sont rapportées aux étalons de l'hydrogène de Lyman, le plus souvent par l'intermédiaire des raies connues de l'étain ou du zinc ([3]).

Plomb. — Les longueurs d'onde publiées antérieurement s'arrêtent à 1406 A.

Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
4	1682,3	1682,1	1	1590,9	très diff.	2	1501,5	
4	1671,3	1671,6	0	1584,3		1	1439,7	} 1439,7
0	1642,1		1	1572,6		3	1439,2	}
0	1635,4	diff.	2	1564,7	renv.	1	1436,4	
3	1621,6		4	1552,8	renv. 1553,2	5	1434,0	renv. 1434,4
3	1610,1		2	1546,6	très diff.	3	1406,4	1406,5
1	1608,0		1	1519,0		0	1381,9	
0	1606,9		2	1513,5		2	1371,6	
3	1597,7	1597,6 arc ML	2	1512,4	1511,7 arc ML	1	1348,0	
1	1593,8	très diff.	1	1504,4		2	1335,0	diff.
						1	1331,4	

([1]) Léon et Eugène Bloch, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1025.

([2]) Léon et Eugène Bloch, *Le Journ. de Phys. et le Radium*, t. 2, 1921, p. 229.

([3]) L'indication « arc ML » dans la colonne « Observations » indique qu'il s'agit d'une raie obtenue par Mac Lennan dans le spectre d'*arc*.

Bismuth. — Les mesures anciennes s'arrêtent vers 1400 angströms. Les mesures actuelles ne nous ont fait connaître, dans la région 1700-1500, qu'un groupe de raies nouvelles très faibles, dont l'attribution au bismuth demeure un peu douteuse. Au delà du doublet classique de l'azote (1494,8-1492,8), le spectre du bismuth présente un second groupe de raies en partie nouvelles, dont trois semblent se retrouver dans le spectre de l'antimoine. Le tableau suivant contient ces deux groupes de raies, la lacune qui les sépare est comblée par nos anciennes mesures.

Int.	λ	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
0	1691,7		2	1502,8	1503,1	3	1423,5	1424,0
1	1652,9		2	1487,4	1487,4	2	1393,2	1394,4 Sn? Si?
1	1644,1	diff.	3	1462,5	1462,7	1	1376,3	
1	1635,0	très diff.	4	1455,3	1455,7	2	1372,8	Sb?
1	1622,0		1	1448,1		2	1350,4	Sb?
......			0	1446,9		2	1346,2	diff.
......			1	1436,8	1436,8 Sb?			

Antimoine. — Les longueurs d'onde que nous avons publiées antérieurement s'arrêtent à 1493 angströms. Dans la région comprise entre 1750 et 1500, nos nouvelles mesures sont en bon accord avec les anciennes. Elles nous ont permis de reconnaître les raies supplémentaires suivantes, dont l'attribution à l'antimoine n'est pas tout à fait sûre :

Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
1	1735,9	Zinc?	0	1651,7	très diff.	2	1524,45	
3	1718,3	Étain?	1	1576,2		1	1499,4	aussi dans Zn
						1	1498,5	

Au delà de 1500 angströms on trouve tout un spectre nouveau de l'antimoine :

Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
1	1483,0		2	1408,0		2	1375,1	
1	1442,4	Zinc?	2	1404,25		2	1373,1	
2	1438,4	renv. 1438,7	3	1388,0		1	1365,5	coïnc. avec Sn
		arc ML	3	1385,2		1	1358,2	
2	1436,6	renv. 1437,0 arc ML	2	1383,4		1	1350,0	
0	1429,7							

Thallium. — Nos mesures antérieures s'arrêtaient à 1477 angströms. On trouve au delà le spectre suivant, à raies assez peu nombreuses :

Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
3	1490,7	1491,7	2	1434,5	renv.? Pb?	2	1378,0	
4	1477,2	renv.	0	1413,2		1	1374,9	
0	1475,5		2	1404,8	Antimoine?	2	1371,0	coïnc. Sn
1	1458,0	Carbone?	1	1401,6		1	1332,1	
1	1450,1	coïnc. avec Sn	1	1392,3		3	1321,1	diff.

Nous avons supprimé, dans les listes précédentes, un certain nombre de raies très faibles qu'il nous a semblé possible d'identifier avec les raies du carbone de Siméon ou de Shaver.

Il est intéressant de remarquer que, dans la plupart de nos clichés, un certain nombre de raies apparaissent spontanément renversées (voir la colonne « Observations »). Il en est ainsi en particulier du doublet classique de l'azote (1494,8-1492,8) qui apparaît invariablement avec une forte intensité dans tous nos clichés. Lorsque la comparaison de ces raies renversées avec les raies d'arc publiées par Mac Lennan est possible, elle montre que la plupart d'entre elles se retrouvent dans le spectre d'arc, et doivent être attribuées par conséquent à l'atome neutre. Il est assez naturel de généraliser ce résultat et d'admettre provisoirement que toutes les raies spontanément renversées que nous avons obtenues sont des raies d'arc. Cette remarque facilitera sans doute la recherche des séries d'arc dans la région nouvellement explorée.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la masse des particules qui émettent plusieurs spectres de bandes attribués à l'azote.* Note de M. M. **Duffieux**, présentée par M. A. Cotton.

L'azote peut émettre dans la région visible du spectre et dans l'ultraviolet immédiat plusieurs spectres de bandes de structures très différentes :

1° *Le premier groupe positif*, qui comprend, de l'infrarouge au bleu, de nombreuses bandes très complexes;

2° *Le second groupe positif*;

3° *Le groupe négatif* émis par la lumière cathodique;

4° *Les bandes dites du cyanogène*, que des travaux récents font attribuer définitivement à l'azote.

Ces trois derniers groupes sont situés dans la même région du spectre, violette et ultraviolette.

L'étude des ordres limites d'interférence fait attribuer l'émission du

second groupe positif à l'atome d'azote ([1]). J'ai utilisé la même méthode pour déterminer la masse des particules qui émettent les trois autres groupes.

Groupe négatif. — Le tube à décharge employé avait une cathode cylindrique creuse. La lueur cathodique formait suivant son axe un pinceau lumineux qui était examiné en bout. Le gaz était de l'air constamment renouvelé; la pression était de l'ordre du $\frac{1}{100}$ de millimètre. Le courant électrique employé était du courant alternatif redressé par une lampe valve et régularisé par une grosse capacité.

Les interférences étaient produites par des étalons à lames argentées d'épaisseurs croissantes. Un ojectif achromatique projetait les anneaux sur la fente d'un spectroscope à prismes donnant une dispersion de 4,5 Å par millimètre dans la région 4200.

J'ai examiné par la photographie les bandes 4278 et 3914, en suivant exactement la méthode que j'ai utilisée pour le spectre secondaire de l'hydrogène ([2]).

La visibilité des franges décroît régulièrement lorsque croît l'ordre d'interférence. Pour l'ordre 240000 la visibilité, très faible, est tout à fait comparable à celle des franges données par un étalon de petite épaisseur à lames de quartz nues, franges dont la visibilité est $\frac{1}{12,5}$. Or cette visibilité est atteinte à la température ordinaire pour l'ordre 250000 si l'émission est due à l'atome et pour l'ordre 350000 si elle est due à la molécule double. Le groupe négatif est donc émis par l'atome d'azote. Cette origine a été déjà proposée par M. Deslandres ([3]).

Bandes du cyanogène. — Le tube à décharge était muni d'électrodes de grande surface. La partie capillaire était courte et large. Le gaz employé était un mélange de $\frac{4}{5}$ d'azote et de $\frac{1}{5}$ de cyanogène. Les appareils interférentiels et dispersifs étaient les mêmes que dans l'expérience précédente.

J'ai comparé par photographie les franges obtenues dans les bandes 4216 et 3883 avec celles que me donnaient les bandes voisines du second groupe positif de l'azote. La visibilité des franges décroît parallèlement dans les deux spectres, mais la visibilité des franges dans les bandes du cyanogène reste toujours un peu inférieure. J'ai observé des franges jusqu'à l'ordre 200000.

([1]) Hamy, *Comptes rendus*, t. **157**, 1913, p. 142.
([2]) *Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 1876.
([3]) Deslandres, *Comptes rendus*, t. **137**, 1903, p. 1016.

Ces bandes ne peuvent être émises par aucune des molécules des gaz présents. Elles sont donc émises par un atome qui ne peut être que l'atome d'azote. L'identité d'origine de ces bandes et des bandes négatives de l'azote a été prévue par T. Heurlinger (¹) d'après des similitudes de structure.

Premier groupe positif. — Le tube à décharge était traversé par un courant constant d'air non desséché. La densité moyenne du courant électrique alternatif employé n'a pas dépassé 2 milliampères par millimètre carré.

Dans le spectroscope utilisé le train de prismes était remplacé par un réseau plan de Rowland. La dispersion dans la région étudiée (6500) était de 7,8 A par millimètre.

L'examen des franges était fait par photographie sur des plaques panchromatiques Ilford; les poses étaient de dix heures. Afin d'écarter toute incertitude sur la température, j'ai comparé les franges du premier groupe à celles que donnaient dans la région 4200 les bandes du deuxième groupe émis simultanément. Ces dernières sont visibles jusqu'à l'ordre 230000. Au même ordre d'interférence, les franges dans le premier groupe ont une visibilité bien supérieure.

La comparaison de ces visibilités à celles des interférences du deuxième groupe prouve que le premier groupe est émis par des particules de masse plus grande que l'atome, c'est-à-dire par des molécules.

En résumé, on est donc conduit à attribuer les bandes du second groupe négatif, celles du second groupe positif et les bandes dites du cyanogène à l'atome d'azote; le premier groupe positif doit être attribué à la molécule.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la distribution des électrons entre les niveaux* L *des éléments.* Note (²) de M. **A. Dauvillier**, présentée par M. G. Urbain.

La connaissance de la grandeur de la bande d'absorption relative à un niveau permet, comme L. de Broglie (³) l'a montré, la détermination du nombre de ses électrons. Le problème consiste à mesurer l'absorption dans chaque bande considérée isolément et, par conséquent, entre les diverses

(¹) Heurlinger, *Thèse Lund*, 1918, p. 64.
(²) Séance du 21 janvier 1924.
(³) *Journal de Physique et le Radium*, t. 3, février 1922, p. 33.

limites d'un même groupe. Il n'est expérimentalement accessible que pour les bandes L et nous avons cherché à le résoudre pour l'or.

I. Nous avons d'abord relevé au spectrographe quelques systèmes d'absorption L d'éléments lourds, afin d'obtenir des renseignements qualitatifs sur les divers contrastes aux trois limites, en ayant soin d'opérer sur un spectre continu pur fourni par l'un de nos tubes de quartz à fenêtre de cellophane. Les clichés ont montré que le contraste L_3 était beaucoup plus petit que L_2 et que ce dernier était moindre que L_1 (1). Un cliché relatif à l'uranium sera reproduit dans un autre Recueil.

II. Nous avons ensuite relevé quelques coefficients d'absorption de l'or par une méthode photographique consistant à enregistrer successivement deux spectres de lignes et exactement dans les mêmes conditions, à travers des écrans absorbants disposés en échelons et constitués, l'un, par un élément présentant une absorption continue et connue dans le domaine spectral étudié, comme l'aluminium (bande K), l'autre par l'or. Les clichés, développés ensemble dans les mêmes conditions, montrent toujours, pour une même ligne, des épaisseurs « équivalentes » d'or et d'aluminium e_{Au} et e_{Al} transmettant la raie avec la même intensité. La méthode est donc basée sur une égalité photométrique et est d'autant plus précise que les échelons sont plus nombreux et plus minces. Le coefficient d'absorption de l'aluminium μ_{Al} est interpolé graphiquement (μ, λ^3) d'après les mesures de Hewlett et celui de l'or est donné, pour chaque ligne, par la relation

$$\mu_{Au} = \mu_{Al} \frac{e_{Al}}{e_{Au}}.$$

Cette méthode (2) rapide et directe n'est cependant susceptible d'une précision suffisante que pour les lignes les plus intenses, susceptibles d'être transmises par de nombreux échelons. Elle a servi à vérifier les valeurs

(1) Les limites L du xénon (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 34, A. Lepape et A. Dauvillier) nous avaient au contraire montré trois contrastes équivalents, mais ce résultat était probablement dû à l'absorption alors très rapidement croissante de la cellophane et des quelques centimètres d'air traversés par les rayons.

(2) Nous l'avons mise en œuvre avec des écrans à dix échelons de 5^{mm} de hauteur, d'épaisseurs élémentaires $0^{mm},21$ et $0^{mm},56$ pour l'aluminium et $0^{mm},00429$ pour l'or. Ces feuilles étaient laminées. Les spectres utilisés furent la série K du molybdène et les séries L de l'uranium et de l'or. La dispersion était de 2 X par millimètre, afin de séparer largement les lignes γ de ce dernier entre les limites L_2 et L_3. Les poses étaient assez prolongées pour faire juste apparaître les plus fortes lignes à travers les plus grandes épaisseurs. Les égalités étaient recherchées pour cette intensité limite.

obtenues par la suivante et à mesurer les intensités relatives des lignes K et L de divers éléments. Ces mesures, qui nécessitent de délicates corrections, seront publiées ultérieurement.

III. Les coefficients d'absorption de l'or ont enfin été mesurés au spectromètre de Bragg ([1]). Les courbes spectrales du rayonnement direct et du rayonnement transmis par une feuille d'or de $0^{mm},00429$ d'épaisseur, convenablement corrigées en tenant compte de la courbe de sensibilité de l'électroscope, donnent des valeurs de $\frac{\mu}{\rho}$ en assez bon accord avec les précédentes. Les valeurs propres à chaque bande L peuvent se comparer, pour la limite L_3 par exemple, sur le graphique $\frac{\mu}{\rho}$, λ^3. On obtient ainsi :

Bandes d'absorption :	M + N + O + etc.	L_1.	L_2.	L_3.
$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)$ Au............	42	62	41	35

Les « sauts » d'absorption étant proportionnels au produit des rapports des nombres d'électrons et des carrés des fréquences critiques, on trouve pour ces rapports :

$$\frac{n_2}{n_1} = 0,495 \quad \text{et} \quad \frac{n_3}{n_2} = 0,78.$$

Le premier est égal à $\frac{1}{2}$ et le second assez voisin de 1.

Sachant que $n_1 + n_2 + n_3 = 8$, que ces rapports ne peuvent être que très simples et que le second est exigé par le premier, on peut en conclure avec certitude ([2]) que la distribution des électrons sur les niveaux L est la suivante :

$$2\,L_3, \quad 2\,L_2, \quad 4\,L_1.$$

IV. Il est intéressant de confronter ce résultat avec les données théoriques et expérimentales antérieures :

1° La théorie de Bohr prévoit la décomposition des orbites diquan-

---

([1]) Des faisceaux monochromatiques de 2′ d'ouverture étaient sélectionnés dans un spectre continu pur par un cristal de calcite. Le tube était muni d'une anticathode de tantale et alimenté sous 22500 volts par une trentaine de milliampères. La stabilité du régime était absolue au bout d'une demi-heure de fonctionnement. La chambre d'ionisation contenait des vapeurs sèches de CH^3I. L'électroscope était monté directement sur la chambre.

([2]) Une distribution voisine telle que : $2\,L_3$, $3\,L_2$ et $3\,L_1$ est nettement incompatible avec les données expérimentales.

tiques L en deux groupes 2_1 et 2_2 possédant chacun quatre électrons [1]. Cette prévision serait conforme à notre résultat si l'on englobait les niveaux L_3 et L_2 dans les orbites 2_1, mais un fait expérimental s'y oppose. Selon Bohr, l'atome de bore posséderait trois orbites 2_1 de même nature et cette structure s'étendrait à son homologue supérieur l'aluminium (3_1). Or cette conception est en désaccord avec le fait que les lignes d'absorption de ce dernier n'appartiennent pas à la série principale, mais à la série diffuse. Le système de quantification proposé par L. de Broglie, et d'après lequel le treizième électron de l'aluminium gravite sur une orbite M_5 à deux quanta azimutaux (terme p), s'accorde au contraire parfaitement avec ce fait. Les éléments électropositifs trivalents doivent aussi posséder une faible valence 1.

3° La distribution des électrons sur les autres niveaux peut enfin se prévoir par raison d'analogie et de symétrie et en se guidant sur les rapports d'intensité des lignes d'émission qui en dérivent. On obtient ainsi :

K	L_3	L_2	L_1	M_6	M_5	M_4	M_3	M_2	M_1	N_{10}	N_9	N_8	N_7	N_6	N_5	N_4	N_3	N_2	N_1	O_6	O_5	O_4	O_3	O_2	O_1	P_3	P_2	P_1
2	2	2	4	2	2	4	2	4	4	2	2	4	2	4	4	2	4	4	4	2	2	4	2	4	4	2	2	4

système doué d'une grande symétrie.

MAGNÉTISME. — *L'aimantation des alliages nickel-chrome électrolytique.* Note de M. J. **Safranek**, présentée par M. Brillouin.

Les travaux déjà faits sur les propriétés magnétiques des alliages sont relatifs aux alliages des métaux ferromagnétiques entre eux : ferro-nickels (Hegg, Weiss et Foëx), ferro-cobalts (Preuss, Renker), nickel-cobalts (Bloch) ou aux alliages d'un métal ferromagnétique avec un métal diamagnétique : nickel-cuivre (Alder).

Dans le présent travail j'ai étudié les alliages d'un métal ferromagnétique et d'un métal paramagnétique. J'ai utilisé le nickel pur de la Mond Nickel C° et du chrome électrolytique très pur que j'ai préparé moi-même.

J'ai retrouvé pour le nickel les valeurs connues : point de Curie Θ à 658° absolus; constante de Curie $C = 0,00550$; nombre de magnétons du nickel au-dessus de point de Curie $N = 7,99$.

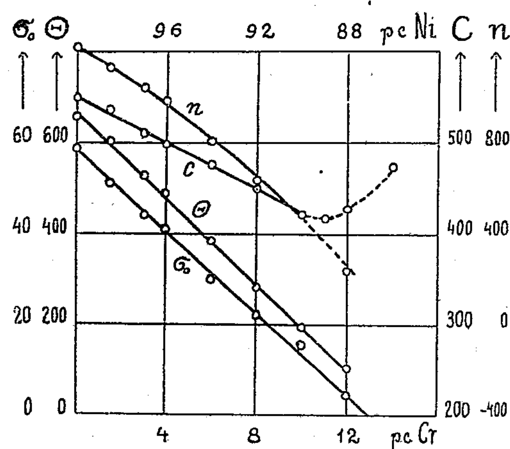
Les mesures sur le chrome ont donné pour la susceptibilité χ la

(1) L'enveloppe électronique des gaz rares et des ions voisins doit donc être considérée comme formée par quatre électrons ($4L_1$, $4M_4$, $4N_8$, etc.) et non par huit corpuscules et leur symétrie « cubique » due à l'interaction de quatre orbites orientées par rapport aux grandes diagonales.

valeur $4,31.10^{-6}$; elles ont montré que cette susceptibilité est indépendante du champ magnétique entre 2000 et 14000 gauss et de la température entre 100° C. et 600° C. (Aucune mesure n'a été faite dans un champ plus grand que 14000 gauss, ni au-dessus de 600° C.)

Si l'on représente graphiquement l'inverse $\frac{1}{\chi}$ de la susceptibilité des alliages en fonction de la température absolue on obtient une droite qui s'incurve pour les températures élevées suivant un arc concave vers l'axe des T. La partie rectiligne diminue quand la teneur en chrome augmente.

Les résultats obtenus pour Θ, C, n $\left(n = \frac{\Theta}{C}\right)$ sont représentés dans la figure ci-dessous. On peut voir que Θ et C varient en fonction du titre suivant une loi quasi linéaire jusqu'à la concentration de 10 pour 100 et que n est représenté par une courbe concave vers l'axe des températures.



J'ai cherché à déterminer l'aimantation spécifique σ_0 au zéro absolu par des mesures aux basses températures : neige carbonique (— 79°), air liquide (— 188°) suivies d'une extrapolation convenable. Les σ_0 varient linéairement avec le titre et diminuent à mesure que croît la teneur en chrome.

σ_0 est nul pour l'alliage qui contient 13 pour 100 de chrome, ce qui correspond à la combinaison $CrNi_6$. Au voisinage de cette même teneur la droite des points de Curie coupe également l'axe.

La combinaison $CrNi_6$ n'a pas été rencontrée par les auteurs qui se sont occupés des alliages nickel-chrome.

Enfin quelques micrographies ont montré que ces alliages sont des solutions solides, confirmant ainsi les résultats annoncés par Voss.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Constitution et évolution des précipités d'alumine.* Note de M. **Paul Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'analyse magnétique peut intervenir utilement dans la recherche des constitutions quand les méthodes habituelles sont rendues inopérantes par la nature colloïdale des corps étudiés. Nous l'avons déjà montré par nos recherches sur les silices hydratées et les soi-disant acides stanniques; l'alumine précipitée est justiciable du même procédé d'analyse.

Notre étude a porté principalement sur les corps suivants :

1° Le gel A_1, précipité par un excès d'ammoniaque d'une solution saturée d'alun, et le même, A'_1, laissé cinquante jours au contact du liquide où il s'était formé;

2° Le gel A_2, obtenu en ajoutant goutte à goutte l'ammoniaque théoriquement nécessaire à la même solution;

3° Le gel A_3, préparé comme A_2, mais en remplaçant l'alun dissous par le sel finement pulvérisé, simplement humecté d'eau, et broyé au mortier pendant toute la réaction;

4° L'alumine cristallisée A_4 des solutions d'aluminate de potassium;

5° L'alumine anhydre A_5 provenant des corps précédents.

Les échantillons, rapidement séchés dans le vide, à température aussi basse que possible (en général comprise entre 50° et 70°), ont présenté les susceptibilités spécifiques suivantes χ_s :

Pour 100 d'eau.	$-10^7.\chi_s$.	Pour 100 d'eau.	$-10^7.\chi_s$.
A_1.		A_2.	
71,6	6,19	50,5	5,39
52,4	5,41	20,25	4,24
38,2	4,94	A_3.	
30,7	4,72	67,9	6,13
20,05	4,19	49,1	5,42
12,1 (¹)	3,91	A_4.	
6,72 (¹)	3,68	34,53	4,99
		33,33	5,01
A'_1.		A_5.	
33,08	4,73	0	3,50

(¹) Ces échantillons provenaient d'une reprise d'eau par l'alumine calcinée.

Quand on représente ces résultats en prenant pour abscisses les teneurs en eau et pour ordonnées les susceptibilités, on constate les faits remarquables suivants :

1° Les alumines des types A_1, A_2, A_3 se placent exactement sur la droite qui relie les points figuratifs de l'eau E et de l'alumine anhydre A_5; elles ont donc les propriétés magnétiques d'un mélange ou d'une combinaison d'addition pure et simple de ces deux constituants.

Les alumines vieillies se distinguent cependant des autres par la constance de leur composition limite : $Al^2O^3, 3H^2O$, tant qu'on ne pousse pas la température de dessiccation au delà de 110°; elles sont constituées entièrement, au bout de deux mois, par l'hydrate peu stable déjà signalé par van Bemmelen. Par contre, toutes les alumines gélatineuses sont constituées à l'origine par un gel d'alumine anhydre imbibé d'eau.

2° L'alumine hydratée cristallisée A_4 des solutions d'aluminates se place un peu en dehors de l'alignement EA_5; elle correspond à une forme d'hydrate plus stable, ne perdant son eau qu'au-dessus de 150°.

3° Ni l'une ni l'autre des deux variétés d'hydrate ne possède les propriétés magnétiques que l'on pouvait attendre de l'hydroxyde d'aluminium $Al(OH)^3$. La susceptibilité atomique du métal prend en effet dans ses sels la valeur constante : -63.10^{-7}, et l'on devrait, comme pour les bases des métaux monovalents et bivalents, en déduire pour l'hydroxyde la constante moléculaire : $-(63+3\times 75).10^{-7} = -288.10^{-7}$, soit une susceptibilité spécifique égale à $-3{,}69.10^{-7}$, au lieu de la valeur observée : $-5{,}0.10^{-7}$.

L'éthylate d'aluminium, dont la formule ne peut être que $Al(OC^2H^5)^3$, de même type que l'hydroxyde, possède d'ailleurs une susceptibilité moléculaire égale à -998.10^{-7}, et l'aluminium y apporte la part contributive -61.10^{-7}, qui est bien d'accord avec les calculs précédents. En regardant au contraire l'hydrate d'alumine comme hydroxyde véritable, nous serions conduits pour le métal combiné à une susceptibilité atomique de -165.10^{-7}.

Tous nos essais pour obtenir directement ou indirectement un corps ayant les propriétés magnétiques prévues pour l'hydroxyde ont complètement échoué : l'alumine dissoute à l'état d'aluminate a sensiblement les caractéristiques de l'alumine anhydre (trouvé par différence : $\chi_s = -3{,}58.10^{-7}$, au lieu de $-3{,}50.10^{-7}$); quant à l'alumine préparée par l'action ménagée de l'eau sur l'éthylate, c'est de l'alumine anhydre, retenant énergiquement par adsorption un peu d'alcool et d'eau.

En résumé nos mesures magnétiques, complétées par l'étude de la dessiccation des gels, conduisent aux conceptions suivantes, qui confirment les conclusions tirées des déterminations de tension de vapeur inaugurées par van Bemmelen, des mesures de conductibilité de Chattery et Dhar, des analyses par rayons X de Milligan et de Hedvall.

1° La précipitation d'un sel d'aluminium par l'ammoniaque donne en général un gel formé uniquement d'alumine anhydre; à la longue, cette alumine s'hydrate en donnant la combinaison Al^2O^3, $3H^2O$, instable, différente de l'hydrate cristallisé de même formule.

2° Dans les solutions d'aluminate, la plus grande partie de l'alumine est à l'état colloïdal; l'hydroxyde d'aluminium, s'il s'en rencontre, n'est pas en proportion décelable par l'analyse magnétique.

3° L'alumine hydratée, cristallisée ou non, n'est pas l'hydroxyde d'aluminium $Al(OH)^3$, mais seulement l'hydrate d'alumine Al^2O^3, $3H^2O$ et l'on s'explique ainsi plus facilement son insolubilité dans les liqueurs alcalines où elle prend naissance.

Pas plus que les acides orthosiliciques, orthostanniques, ... l'hydroxyde d'alumine n'a encore été isolé, et il semble donc impossible d'accumuler un trop grand nombre de radicaux OH sur le même atome, sans provoquer une anhydrisation; seuls les produits de substitution, tels que $Si(OC^2H^5)^4$, $Sn(OH)^3(OC^2H^5)$, $Al(OC^2H^5)^3$, ..., sont isolables et stables. Ainsi s'étend à la chimie minérale une remarque depuis longtemps faite en chimie organique, dont les méthodes donnent seulement une aldéhyde ou un acide quand on s'attendrait à fixer deux ou trois fonctions alcool sur le même carbone, mais qui sait préparer les produits de substitution correspondants : acétals, éthers, orthoformiques, orthocarboniques, etc.

Des recherches encore en cours semblent indiquer que seuls existent les hydroxydes normaux des métaux diamagnétiques monovalents et bivalents.

ÉLECTROCHIMIE. — *Préparation de la* 3.3'-*diaminodiphénylsulfone par réduction électrolytique de la* 3.3'-*dinitrodiphénylsulfone*. Note (¹) de M. **J. Lacroix**, transmise par M. Paul Sabatier.

L'action du mélange sulfonitrique sur la diphénylsulfone conduit à un

(¹) Séance du 14 janvier 1924.

dérivé dinitré dont la constitution diméta a été établie dans un travail récent par MM. Martinet et Haehl ([1]).

J'ai opéré la réduction électrolytique de ce dérivé dans des conditions qui m'ont permis de préparer avec un très bon rendement la diamine correspondante, c'est-à-dire la 3.3'-diaminodiphénylsulfone.

Cette base avait d'ailleurs été obtenue en réduisant la 3.3'-dinitrodiphénylsulfone à l'aide des réducteurs chimiques habituels. D'après Lauth ([2]), on réduit facilement le dérivé dinitré de la diphénylsulfone par l'étain et l'acide chlorhydrique. C'est également par cette méthode que MM. Martinet et Haehl ont préparé la 3.3'-diaminodiphénylsulfone nécessaire à leur étude. MM. Grandmougin et Rivetti ([3]) recommandent l'emploi de sulfure de sodium qu'ils estiment préférable à l'étain et à l'acide chlorhydrique.

Ces divers auteurs indiquent 168° comme point de fusion de la 3.3'-diaminodiphénylsulfone; c'est également le point de fusion que j'ai observé pour ce dérivé préparé par électrolyse.

Dans de nombreux essais, où j'ai suivi la production de la 3.3'-diaminodiphénylsulfone par titrage au moyen de nitrite de sodium, j'ai étudié les facteurs les plus importants qui conditionnent la réduction électrochimique de la 3.3'-dinitrodiphénylsulfone.

Cette étude m'a permis de déterminer les meilleures conditions de réduction électrolytique de la 3.3'-dinitrodiphénylsulfone en vue de sa transformation en 3.3'-diaminodiphénylsulfone.

Voici ces conditions :

1° Emploi d'un liquide cathodique formé d'alcool à 80°-90° acidulé par de l'acide chlorhydrique et contenant en solution et en suspension la 3.3'-dinitrodiphénylsulfone.

2° Emploi d'une cathode en toile de nickel recouverte d'étain spongieux. Densité du courant à la cathode : 0,02 à 0,05 ampères par centimètre carré.

3° Emploi d'une anode en plomb et d'une solution d'acide sulfurique comme liquide anodique.

4° Température du liquide cathodique : 68° à 72°.

([1]) J. Martinet et A. Haehl, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 775.

([2]) Lauth, *Bull. Soc. chim.*, t. 7, 1892, p. 361.

([3]) Grandmougin et Rivetti, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 393.

5° Agitation du liquide cathodique.

Mode opératoire. — L'électrolyseur est constitué par un bécher de forme haute dans lequel on introduit un vase poreux servant de compartiment anodique. Dans l'intervalle compris entre le bécher et le vase poreux, on place une cathode cylindrique en toile de nickel.

On utilise une anode cylindrique en plomb que l'on fixe à un fil de même métal servant à amener le courant. Le vase poreux est fermé par un bon bouchon de liège muni d'un tube en verre de fort diamètre. Ce tube est fixé à un support et permet le passage du fil en plomb de l'anode et le dégagement des gaz produits pendant l'électrolyse.

On place l'électrolyseur dans un bain-marie de façon à pouvoir élever suffisamment la température du liquide cathodique.

Pour condenser les vapeurs d'alcool, on entoure le haut du bécher d'une enveloppe en feutre, maintenue humide par un filet d'eau et l'on enroule autour du vase poreux un serpentin en plomb dans lequel on fait passer un courant d'eau froide.

Liquide anodique. — Solution d'acide sulfurique à 10 pour 100 de SO^4H^2.

Liquide cathodique. — 130^{cm^3} d'alcool à 95°; 8 à 10^{cm^3} d'eau; 8 à 10^{cm^3} d'acide chlorhydrique à 22° B.; 4 à 5^{cm^3} d'une solution de chlorure stanneux préparée en dissolvant 20^g d'étain pur dans de l'acide chlorhydrique et complétant la solution obtenue à 100^{cm^3}.

On introduit 10^g de dinitrodiphénylsulfone dans le liquide cathodique, dont on porte la température à 60° environ. On fait alors passer le courant et l'on agite de temps en temps à l'aide du thermomètre et de la cathode. La température s'élève; on la maintient à 68°-70°.

Quand on aperçoit un dégagement trop abondant d'hydrogène à la cathode, on ajoute une nouvelle quantité de dinitrodiphénylsulfone.

Vers la fin de l'opération, malgré l'agitation du liquide cathodique, l'utilisation du courant devient très mauvaise et il est bon d'arrêter l'électrolyse avant la transformation complète de la dinitrodiphénylsulfone.

On enlève alors le vase poreux et l'on ajoute au liquide cathodique 50^{cm^3} d'eau de façon à insolubiliser à peu près complètement la dinitrodiphénylsulfone. On filtre à la trompe et on lave avec un peu d'eau le dérivé nitré retenu sur le filtre. Le liquide filtré est distillé au bain-marie pour en retirer la majeure partie de l'alcool. On dilue la solution restante de chlorhydrate de 3.3'-diaminodiphénylsulfone avec 600 à 700^{cm^3} d'eau et l'on précipite la base en ajoutant peu à peu une solution de soude jusqu'à réaction faiblement alcaline. On fait bouillir le liquide obtenu en présence d'un peu de noir animal et l'on filtre sur un filtre à plis. On porte à l'ébullition le liquide filtré qui, ensuite, par refroidissement lent, laisse déposer la 3.3'-diaminodiphénylsulfone en lamelles d'aspect dentelé formées par la réunion de petits cristeaux maclés. Les eaux mères peuvent servir à extraire du résidu resté sur le filtre une nouvelle quantité de 3.3'-diaminodiphénylsulfone.

Voici le détail d'une électrolyse effectuée d'après les indications ci-dessus :

Surface de la cathode $= 136^{cm^2}$.

Heure.	3.3'-dinitro-diphénylsulfone introduite dans le compartiment cathodique.	Intensité (ampères).	Observations.
h m	g		
2.0	10	6,0	Pas de dégagement d'hydrogène.
3.0	»	5,0	Vers 3^h30^m dégagement d'hydrogène assez net.
4.0	5	6,0	
5.0	5	6,0	La solution prend une teinte jaune pâle.
5.30	»	4,0	
6.15	»	4,0	Abondant dégagement d'hydrogène.

Quantité de 3.3'-diaminodiphénylsulfone formée $= 11^g,8$.
On récupère $4^g,5$ de dinitrodiphénylsulfone.

Le rendement en produit est égal à 94,5 pour 100 et le rendement en courant à 66,5 pour 100.

RADIOACTIVITÉ. — *Recherches sur la désintégration cellulaire.* Note de M. **Albert Nodon**, transmise par M. Daniel Berthelot.

J'ai déjà eu l'occasion de signaler à diverses reprises, à l'Académie, l'action désintégrante qu'exercent les ultraradiations extérieures sur les atomes des corps à nombre atomique élevé, et le rôle que paraissent jouer ces radiations de fréquence très élevée, sur les phénomènes de radioactivité.

De nouvelles recherches furent entreprises sur la Radioactivité cellulaire à l'aide des instruments de mesure très sensibles qui m'avaient servi antérieurement. Le détail en sera donné dans un Mémoire plus développé. Il résulte de ces recherches que les organismes vivants (végétaux et animaux) sont le siège d'une *radioactivité* qui paraît être fonction du degré de vitalité de ces organismes.

Les végétaux et les animaux morts ne manifestent, au contraire, aucune radioactivité appréciable. La radioactivité végétale varie suivant la nature de la plante et suivant l'organe considéré; elle est plus élevée sur les organes reproducteurs, pistils et étamines, que sur les feuilles. Cette radioactivité est quatre à cinq fois supérieure à celle de l'uranium. La radioactivité animale, spécialement observée sur les insectes, varie suivant la nature de ceux-ci, et suivant leur degré d'activité et de vitalité. Cette radioactivité dépasse parfois celle du radium utilisé dans ces recherches. Les échan-

tillons de radium employés étaient formés de sulfate de baryum-radium, dont l'activité était égale à 15 fois celle de l'uranium ; le sel était fixé au moyen de gélatine, sur une toile métallique. Les échantillons de radium avaient un poids sensiblement égal à celui des végétaux ou des insectes étudiés.

J'ai constaté que la radioactivité cellulaire subissait des variations analogues à celle du radium. Cette radioactivité était plus grande au soleil que dans une pièce close ; elle variait également suivant le degré d'activité solaire. Les variations journalières constatées dans les mesures de laboratoire suivaient celles du radium. Il semblerait résulter de ces faits qu'il existe une origine commune dans la désintégration du radium et celle de la cellule vivante, attribuable, selon toute vraisemblance, aux ultraradiations extérieures.

Ces résultats tendraient également à prouver que les atomes simples d'hydrogène, d'oxygène, d'azote et de carbone, qui constituent les éléments essentiels de la cellule acquièrent sous l'action vitale, des propriétés physico-mécaniques spéciales, leur permettant de subir, sous l'influence ultra-radiante, une désintégration analogue à celle des atomes complexes, tels que ceux du radium. Il en résulterait que l'action ultraradiante extérieure pourrait jouer un rôle imprévu dans la vie cellulaire.

Remarques sur la Note précédente, par M. **Daniel Berthelot.**

Je demande la permission de faire connaître à l'Académie que j'ai exécuté moi-même, en 1909 et 1910, de très nombreuses expériences sur la radioactivité des animaux et des végétaux.

Au moyen d'une série de petits électroscopes à feuilles d'or ou d'aluminium, de très faible capacité, soigneusement étalonnés avec des échantillons d'uranium, j'ai étudié les principaux organes des plantes spécialement aux périodes de crise végétative (germination, floraison, fructification, etc.).

Dans nombre de cas, les déviations de l'électroscope suivies au moyen du microscope paraissaient indiquer une radioactivité considérable; mais des expériences de contrôle m'ont montré qu'il s'agissait de simples apparences dues à l'humidité.

J'ai examiné également divers animaux, notamment des vers luisants, au moment où ils brillaient du plus vif éclat. L'effet a été nul.

Aussi n'ai-je jamais publié ces résultats, les regardant comme négatifs.

RADIATION. — *Méthode auto-histo-radiographique pour la détection dans les organes du polonium injecté.* Note de M. **Antoine Lacassagne** et M[me] **J. Samuel Lattès**, présentée par M. Jean Perrin.

Le polonium présente, parmi les corps radioactifs, certaines particularités [émission de rayons α seuls, temps de désintégration relativement long (période : 140 jours)], qui en font un objet d'expérimentation biologique intéressant. La rareté et les difficultés de préparation de ce corps expliquent le petit nombre de travaux pour lesquels il a été jusqu'ici utilisé.

Nous poursuivons depuis plus d'un an, par injections de polonium à des animaux (lapins normaux et rats porteurs de greffes cancéreuses), des recherches dont les résultats seront publiés ultérieurement. Nous nous bornerons, dans cette Note, à décrire un procédé qui, parallèlement à la méthode d'extraction chimique, nous a servi à réaliser la détection très précise du polonium dans les différents tissus et organes. Ce procédé est, en outre, susceptible, peut-être, de préciser certains détails d'histophysiologie de ces organes. Il consiste à obtenir une auto-radiographie des organes par les rayons α du polonium qu'ils ont retenu.

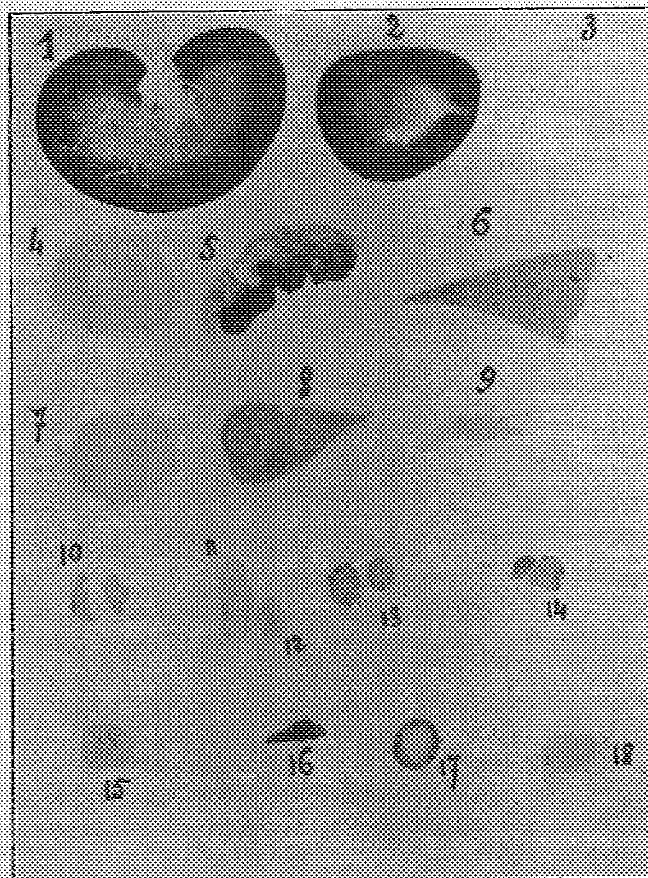
La radiographie, après injection de substances radioactives, avait déjà été tentée, avec des résultats d'ailleurs très médiocres, notamment par Lazarus (1912), au moyen de l'actinium X; on cherchait, dans ces cas, à impressionner une plaque à travers les téguments de l'animal injecté, grâce aux rayonnements β et surtout γ. Dans nos recherches, l'impression photographique est réalisée grâce à l'action des seules particules α.

L'expérience qui a servi, par exemple, à obtenir le cliché ci-contre, a consisté à injecter, dans la veine marginale de l'oreille d'une lapine pleine, au dix-huitième jour de sa gestation, une solution contenant une quantité de polonium mesurée par environ 500 unités électrostatiques. L'animal fut sacrifié 6 jours après l'injection.

Immédiatement après la mort, un fragment de chacun des principaux organes est prélevé et immédiatement immergé dans un mélange fixateur histologique; le restant des organes est conservé pour le dosage du polonium. Les fragments fixés sont inclus à la paraffine selon les principes de technique usuelle, puis coupés au microtome. Les coupes sont montées et colorées, en particulier la dernière du ruban obtenu.

D'autre part, le restant du bloc à inclusion, dont la surface de section est

parfaitement plane, est appliqué, par cette surface, sur la face sensible d'une plaque photographique. Après quelques jours d'exposition nous avons obtenu de véritables auto-radiographies des organes, d'une remarquable netteté, mettant en évidence pour chacun d'eux, non seulement le degré de rétention du polonium, mais encore les points particuliers au niveau desquels ce corps a été fixé.



1, rein, coupe longitudinale; 2, rein, coupe transversale; 3, coupe transversale d'un fœtus; 4, cœur; 5, placenta; 6, foie; 7, cerveau; 8, poumon; 9, pancréas; 10-14, ganglions poplités et mésentériques; 11, ovaire, coupe longitudinale; 12, capsule surrénale, coupe transversale; 13, moelle osseuse; 15, intestin grêle; 16, rate; 17, appendice cæcal; 18, coupe transversale du fémur.

Le cliché reproduit montre que les organes prélevés ont très inégalement retenu le polonium. On le trouve par ordre décroissant : en grande abondance au niveau des villosités placentaires, de la substance corticale du

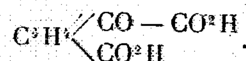
rein, et dans la rate; viennent ensuite les formations lymphoïdes de l'appendice cæcal et des ganglions; il y en a encore en quantité appréciable dans le foie et le poumon; puis dans l'intestin, la moelle osseuse, la capsule surrénale, l'ovaire; il y en a seulement des traces dans le pancréas, le myocarde, le cerveau, le tissu osseux; enfin le fœtus ne contient pour ainsi dire rien du corps radio actif, et n'a laissé qu'une impression à peine perceptible.

La localisation variable dans l'intérieur de chacun de ces organes mériterait des explications qui ne peuvent trouver place ici. Bornons-nous à remarquer que la fixation du polonium s'est faite électivement sur certains organes de captation, de filtration et d'élimination des substances étrangères au milieu sanguin.

L'examen histologique des coupes colorées, en comparaison avec les clichés, permet d'identifier avec précision le siège de la localisation du polonium et d'étudier les lésions locales déterminées à ce niveau par son rayonnement.

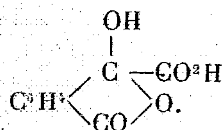
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution de l'acide phtalonique.* Note de M. Cornillot, présentée par M. Haller.

L'acide phtalonique, exempt de son eau de cristallisation, est ordinairement considéré comme un acide ortho-carboxylphénylglyoxalique



Ce fait semble résulter de sa préparation par oxydation du naphtalène et de la formation de plusieurs dérivés de la fonction cétone : oxime, phénylhydrazone, semicarbazone, ayant manifestement deux carboxyles libres.

Mais un ensemble de réactions a paru conduire à lui attribuer la formule oxylactonique d'un acide α-oxyphtalide carbonique :

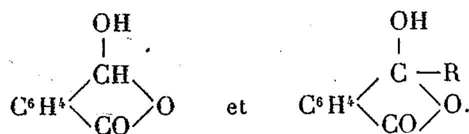


Cette hypothèse a été émise, en 1921, par W.-H. Perkin et Fargher [1].

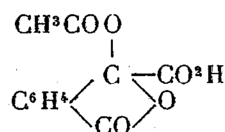
---

[1] *Chem. Soc.*, t. 119, 1921, p. 1729.

C'est d'ailleurs un fait bien connu que tous les corps de la série orthophtalaldéhydique, et les acides orthoacidylbenzoïques, réagissent fréquemment comme s'ils possédaient une constitution oxylactonique :



Dans un travail récent [1], W.-H. Perkin et Miss C. Kuroda ont publié des recherches tendant à démontrer l'hypothèse précédente. Du fait que le chlorure d'acétyle, dans son action sur l'acide phtalonique, leur a donné, à côté de l'anhydride phtalonique, un dérivé acétoxylé



ils ont cru pouvoir conclure que l'acide phtalonique possède effectivement la structure oxylactonique.

Nous avons nous-même entrepris l'étude complète des diverses réactions de cet acide, et les résultats obtenus ne paraissent pas confirmer cette interprétation.

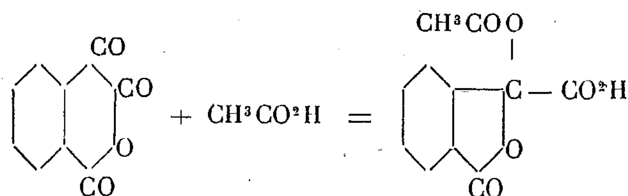
Action des réactifs d'acétylation : *Acide acétoxyphtalide carbonique.* — Cet acide répond à peu près exactement aux caractères qu'ont décrits les auteurs anglais; sous une pression de 3^{mm}, vers 150°, il se décompose en anhydride phtalonique et acide acétique. Il ne réagit pas sur le chlorure de thionyle, mais le perchlorure de phosphore le transforme en le chlorure d'acide correspondant (f. 113°) qui, par action très ménagée sur l'alcool, donne l'éther éthylique (f. 110°).

L'action prolongée d'un excès de perchlorure de phosphore sur l'acide, pas plus que celle de l'aniline, n'ont permis de détacher le radical acétyle. Il ne semble donc pas possible de contester sa formule donnée par Perkin et Kuroda. Mais nous avons étudié de plus près les conditions où il se forme.

Tout d'abord nous avons établi que l'acide acétique réagit sur l'anhydride phtalonique, très vite à 100°, lentement déjà à froid, pour donner

(1) *Chem. Soc.*, t. 123, septembre 1923, p. 2094.

quantitativement l'acide acétoxyphtalide carbonique : nous sommes ainsi en présence d'une transposition moléculaire, que nous retrouverons dans d'autres réactions, et qui consiste dans le changement, en la chaîne pentagonale de l'oxylactone, de celle, hexagonale, de l'anhydride phtalonique :



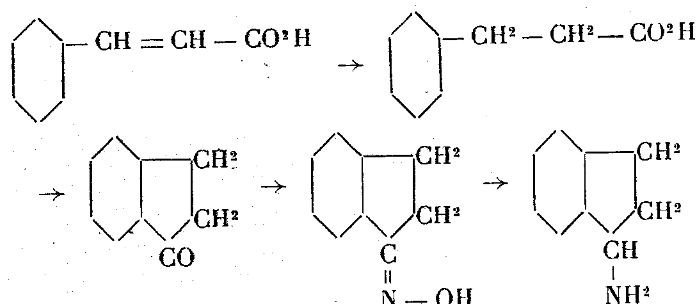
Cette observation est essentielle pour interpréter l'action du chlorure d'acétyle et de l'anhydride acétique sur l'acide phtalonique. Tous deux donnent des mélanges d'anhydride phtalonique et d'acide acétoxylé, mais dans des proportions très variables selon les conditions de l'expérience; en solution dans l'acétate d'éthyle, après une courte ébullition, on obtient à peu près uniquement de l'anhydride, de même qu'en suspension dans le chlorure d'acétyle : et les cristaux d'acide acétoxylé qui se déposent des eaux mères, où Perkin et Korada les ont découverts, peuvent évidemment n'être attribués qu'à la réaction secondaire de l'acide acétique et de l'anhydride phtalonique, résultant tous deux de la déshydratation; en tout cas rien ne saurait prouver qne l'acide acétoxylé résulte d'une réaction primaire. Si l'on prolonge la réaction à chaud, on obtient des quantités croissantes de cet acide, et l'anhydride acétique pur, qui dissout bien l'anhydride phtalonique, après une heure de chauffage fournit exclusivement l'acide acétoxylé. Cette observation contredit celle de Tcherniac[1] qui, cependant, a découvert incontestablement l'anhydride phtalonique. Nous avons cherché à reproduire ses expériences, avec des produits de départ parfaitement purs : le résultat a toujours été l'acide acétoxyphtalide carbonique, et si M. Tcherniac a obtenu de l'anhydride phtalonique, c'est sans doute parce que, comme nous le fait croire l'échantillon de cette substance qu'il a eu l'obligeance de nous envoyer, il purifiait par sublimation dans le vide le produit brut de la réaction ; nous avons mentionné que dans ces conditions on aboutit à l'anhydride phtalonique.

---

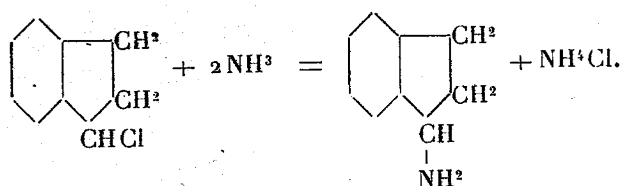
(1) *Chem. Soc.*, t. **109**, 1916, p. 1236.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de l'indanylamine et de ses dérivés N-substitués.* Note (1) de MM. **Ch. Courtot** et **A. Dondelinger**, présentée par M. A. Haller.

La méthode la plus commode jusqu'ici pour préparer l'α-indanylamine consistait à partir de l'acide cinnamique, passer à l'acide phénylpropionique, convertir ce composé en α-hydrindone, la transformer en oxime et, enfin, réduire celle-ci en hydrindènamine (2) :



Nous avons réalisé une synthèse infiniment plus simple de cette base en utilisant l'extrême mobilité de l'halogène de l'α-chloroindane (3) par action sur l'ammoniac :



Mais la réaction du chlorure d'indane sur une solution aqueuse concentrée de gaz ammoniac ne fournissant que 15 pour 100 de base, nous avons opéré la condensation avec de l'ammoniac liquéfié, rendu anhydre par dessiccation sur la potasse caustique, en tube scellé et à tem-

(1) Séance du 21 janvier 1924.

(2) Koenig, *Lieb'Ann.* t. 275, 1893, p. 341. — Hall, *Chem. Soc.*, t. 77, 1900, p. 468.

(3) En améliorant la technique de Weissgerber, nous avons obtenu le chloroindane avec un rendement de 98 pour 100. — La mobilité de l'halogène dans ce composé a conduit cet auteur à une synthèse de l'indanal.

pérature ordinaire : nous obtenons très facilement l'α-indanylamine, E = 96°-97° sous 8mm, liquide incolore, très mobile. Le dosage de N nous a donné 10,4 pour 100 alors que la théorie pour $C^9H^{11}N$ est de 10,5 pour 100. Nous l'avons caractérisée en outre par son chlorhydrate, cristaux blancs fusibles à 208°. A côté de l'amine primaire, nous observons la formation de di-indanylamine, magnifiquement cristallisée en bâtonnets associés (F. = 84°-85°).

Il y a plus : alors que Kipping et Hall (*loc. cit.*) ne purent limiter l'action de l'iodure de méthyle sur l'indanylamine à la formation de la mono ou de la diméthylindanylamine, mais arrivèrent au terme ultime de la réaction c'est-à-dire à l'iodure de triméthylindanylamine, nous obtenons, par action des bases primaires et secondaires aliphatiques *anhydres* sur le chloro-indane, les indanylamines N-alkylées avec d'excellents rendements.

Monométhylindanylamine. — Cette base a été obtenue par condensation de 10g de chloroindane avec 5g de monométhylamine anhydre, dans un tube à pression, à température ordinaire. Il y a formation rapide d'un trouble cristallin dans le liquide primitivement homogène et incolore. Après 12 heures le tube est rempli de cristaux de chlorhydrate de monométhylamine. On laisse la réaction se compléter et l'on essore. On recueille 4g,55 de chlorhydrate de monométhylamine alors que la théorie est 4g,43; le léger excès est dû sans doute à la grande déliquescence du chlorhydrate qui a absorbé un peu d'humidité dans le traitement. La méthylindanylamine, distillée dans le vide, passe à 106°-107° sous 15mm. Elle est légèrement rosée. Après rectification, elle est incolore, possède une odeur fade, rappelant celle de la monométhylaniline, mais plus ammoniacale.

Disoute dans l'éther et traitée par l'iodure de méthyle, elle donne une huile jaune qui se concrète rapidement en cristaux incolores constitués par l'iodure de triméthylindynalamine (F. = 198°).

Diméthylindanylamine. — Préparée comme la précédente cette base bout à 99°-100° sous 10mm. C'est un liquide incolore, à odeur caractéristique et légèrement ammoniacale.

Traité par l'iodure de méthyle en solution éthérée, elle donne immédiatement une abondante cristallisation d'iodure de triméthylindanylamine incolore.

Ethylindanylamine. — Le chlorure d'indane donne avec la monoéthylamine une solution incolore. Mais après 12 heures il y a deux couches distinctes dans le tube scellé : une couche inférieure rosée et une couche supérieure incolore. Par agitation énergique, le chlorhydrate d'éthylamine cristallise avec notable dégagement de chaleur. Le liquide reste très fortement rosé. On traite comme dans les précédentes opérations. L'éthylindanylamine passe intégralement entre 106°-107° sous 7mm. C'est une huile incolore, à odeur *sui generis*, faiblement ammoniacale.

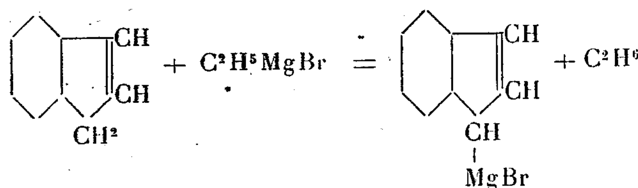
Diéthylindanylamine. — Obtenue comme son homologue inférieur, la diéthylindanylamine bout à 112°-113° sous 8mm. Liquide incolore, à odeur fade et ammoniacale.

Toutes ces bases sont très solubles dans l'éther. Les solutions éthérées traitées par l'acide chlorhydrique sec laissent déposer les chlorhydrates de bases sous forme de poudre microcristalline blanche.

Cette action des bases aliphatiques primaires et secondaires complète nos résultats précédents (1) et nous possédons actuellement une méthode simple et extrêmement générale de préparation d'α-indanylamines substituées à l'azote par des radicaux gras ou aromatiques, amines que nous décrirons ailleurs avec plus de détails.

La mobilité du même ordre des atomes d'halogène en α dans l'indène et dans l'indane, nous a incité à vérifier que la mobilité d'un atome d'hydrogène dans le CH^2 indénique est due à l'influence de la double liaison extérieure et à la double liaison benzénique, et non à cette dernière seule. Nous avons préparé l'indane par hydrogénation de l'indène en présence de noir de platine, en solution éthérée. Ce procédé, non encore décrit jusqu'ici, nous a donné un rendement de 97 pour 100 et l'hydrocarbure présente le point d'ébullition, la densité et l'indice de réfraction publiés par Perkin et Revay (2).

L'indane, soumis à l'action de C^2H^5MgBr à 100° puis à 135°, ne donne lieu à aucune double décomposition, même après 20 heures de chauffe. La double liaison extérieure indénique est donc nettement cause de la mobilité d'un H dans le CH^2 de l'indène puisque la réaction



est sensiblement quantitative à 100° (3).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation sulfochromique de la houille.* Note de M. L.-J. Simon.

L'action des mélanges sulfochromiques sur le graphite ayant conduit à quelques résultats intéressants (4), cette étude a été étendue à la houille. La

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 536.
(2) *Chem. Soc.*, t. 65, 1894, p. 248, et t. 69, 1896, p. 1229.
(3) Grignard et Courtot, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 272.
(4) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 122-124 et 265.

présente Note renferme une partie des résultats obtenus sur un échantillon de ce combustible par l'action du mélange d'acide sulfurique concentré et d'anhydride chromique.

Cet échantillon se présentait avec les caractéristiques suivantes :

	Houille humide.	Houille sèche.
C pour 100	72,4-72,3	80,0 environ
H pour 100	5,67	5,0 »
Cendres	4	4,5 »
Humidité (vide sec)	10,5	

L'échantillon se rapproche donc des charbons de Bruay.

I. Cette houille a d'abord été soumise à l'action du mélange sulfochromique dans les conditions de notre technique : l'échantillon (environ $0^{g},2$) additionné d'acide sulfurique concentré (15^{cm^3}) et d'anhydride chromique (4^{g}) est amené en une demi-heure à la température du bain-marie bouillant et maintenu 4 minutes à cette température. Du volume de gaz dégagé on conclut à la teneur en carbone pour 100 de houille non desséchée.

Les essais donnent des résultats très réguliers. *Comme moyenne de quarante essais on a trouvé* 56,6, les *valeurs extrêmes étant* 56 et 57,5.

Cette régularité n'apparaît qu'à la condition de pulvériser très soigneusement l'échantillon, sinon on enregistre des valeurs à la fois plus écartées et plus faibles. La moyenne de huit expériences était en effet de 30, les valeurs extrêmes étant 24 et 33,6.

Cette influence de la pulvérisation trahit une hétérogénéité de la houille vis-à-vis de l'oxydation sulfochromique; corrélativement, on constate que l'action oxydante laisse un résidu charbonneux insoluble, ce qui ne se produisait pas avec le graphite dans les mêmes circonstances.

Le résidu ainsi recueilli dans la série des quarante essais mentionnés plus haut représente environ 8 pour 100 de la houille initiale. Il renferme encore du carbone; une analyse organique ordinaire montre qu'il en renferme 46,5 pour 100, c'est-à-dire environ 3,7 pour 100 de la houille initiale. Comme la houille étudiée renferme 74 pour 100 de carbone, on voit que :

1° La technique employée révèle à l'état gazeux environ 78 pour 100 du carbone de la houille;

2° Une partie du carbone déficient se retrouve dans un résidu charbonneux insoluble; une partie plus importante est solubilisée.

II. Le carbone total de la houille ne peut donc être déterminé par la méthode d'oxydation sulfochromique sous la forme particulière où nous

l'employons. Pour tenter de compléter cette oxydation on peut penser à plusieurs expériences et en particulier aux deux suivantes : prolonger l'oxydation à 100° ou réitérer l'opération sur le résidu d'une première attaque après l'avoir isolé par filtration et lavage.

1° Avec la prolongation de la durée de chauffe à 100° apparaît un dégagement parasite d'oxygène qui impose de déterminer gravimétriquement le gaz carbonique et par ricochet on ne peut plus confondre avec lui l'oxyde de carbone qui l'accompagne; il faut oxyder celui-ci et le déterminer à son tour. Le Tableau suivant renferme quelques résultats :

Durée de l'action oxydante.	Carbone pour 100 volumétrique.	de CO^2.	de CO.	total.	Résidu pour 100.
I.....	»	55	1,14	56,14	8
II....	»	55,8	1,40	57,20	»
III....	»	».	»	51	»
IV....	60,8	57,1	0,9	58	12
V....	73	60,4	1,2	61,6	11
VI....	91,5	62,4	1	63,4	10

I et II, 4 minutes à 100°. — III, 1 heure à 50°; 10 minutes à 60°. — IV, 1 heure jusqu'à 100°; 8 minutes à 100°. — V, 1 heure à 100°. — VI, 2 heures à 100°.

2° Si l'on opère par réitération on retrouve successivement les valeurs suivantes : 56,6 puis 1,80 pour le premier résidu et 0,17 pour le second, c'est-à-dire 58,4 pour l'ensemble des deux premières opérations et 58,6 pour les trois.

La réitération ne conduit pas à une augmentation notable de carbone gazéifié; la valeur 58,4, observée pour l'ensemble des deux premières opérations concorde avec l'expérience IV du Tableau. La différence réside essentiellement dans la grandeur des résidus. Dans le cas de la réitération ce résidu diminue considérablement, ce qui s'explique par la pulvérisation soignée à laquelle le premier résidu a été soumis avant d'être de nouveau oxydé. La réitération de l'oxydation a donc pour résultat *une solubilisation* importante du carbone de la houille, mais n'exerce qu'une influence minime sur sa *gazéification*.

La prolongation de l'oxydation à 100° a au contraire pour résultat d'élever la teneur du carbone gazéifié sans diminuer notablement la valeur du résidu insoluble; son action est donc de gazéifier le carbone préalablement solubilisé. Cependant, même après 2 heures de chauffe à 100°, on ne gazéifie que 62,4 pour 100 du carbone de la houille qui en renferme 72,4,

soit donc environ 86 pour 100. *Il paraît donc y avoir un résidu inattaquable à 100° par le mélange sulfochromique.*

Enfin, si nous tenons compte de l'expérience III, on voit que la majeure partie du carbone gazéifié l'est au-dessous de 60° et l'on peut, en suivant chronométriquement le dégagement gazeux, distinguer deux phases assez nettes, l'une ne dépassant pas 60° et l'autre comprise entre 60° et 100°.

De ce qui précède il résulte, avec toutes les réserves qu'importe la nature particulière du sujet, qu'on peut discriminer au point de vue de l'oxydation chromique, le carbone de la houille comme il suit :

51 pour 100 de carbone gazéifié avant 60°, soit environ 70 pour 100 du carbone total.

6 à 7 pour 100 de carbone gazéifié entre 60° et 100°, soit environ 9 pour 100 de carbone total.

6 à 7 pour 100 de carbone gazéifié au delà de 100°, soit environ 9 pour 100 du carbone total.

8 à 9 pour 100 de carbone non gazéifié, soit environ 12 pour 100 du carbone total.

Limitons-nous pour le moment à cette conclusion.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation de l'acide urique par l'iode en milieu alcalin.* Note de M. **J. More**, présentée par M. Ch. Moureu.

L'acide urique est rapidement oxydé par l'iode en présence des alcalis. Cette réaction semble très complexe comme le révèlent les particularités curieuses observées dans la mesure de l'iode utilisé.

I. Ainsi, en présence de bicarbonate de potassium, 1^{mol} d'acide urique nécessite exactement 2^{at} d'iode, si l'on verse une solution de cet oxydant dans une liqueur contenant un poids connu d'acide urique [1].

Par contre, si cette même solution bicarbonatée est mise en contact avec un excès d'oxydant et qu'après acidulation on titre par retour l'iode absorbé, on constate que 1^{mol} d'acide urique consomme, non plus 2^{at} d'iode comme précédemment, mais une quantité supérieure et variable (environ $2^{at},5$ si le dosage est effectué après 5 minutes de contact).

En vue d'élucider ces phénomènes, nous avons étudié l'oxydation de l'acide urique par l'iode en présence de bicarbonate de potassium. Voici comment on peut interpréter les résultats que nous avons obtenus :

(1) Ronchèse, *J. P. C.*, 6e série, t. 23, 1906, p. 336.

En milieu bicarbonaté, 2^{at} d'iode transforment 1^{mol} d'acide urique en un corps intermédiaire A, décomposable en allantoïne par l'acide acétique.

Ce composé, dont l'existence a été signalée par Sundwick (¹), Behrend (²), Biltz (³) dans l'oxydation de l'acide urique par le permanganate de potassium en milieu alcalin, n'a pu être isolé.

Toutefois, la réaction ne se limite pas à la production de ce corps intermédiaire car il est lui-même oxydable par l'iode. En effet, si, après avoir oxydé 1^{mol} d'acide urique par 2^{at} d'iode en présence d'un bicarbonate alcalin, on continue à ajouter l'oxydant, celui-ci disparaît lentement et il se dépose un produit pulvérulent contenant au moins un uréide oxalique.

Cette seconde étape de l'oxydation s'opère plus rapidement en milieu acide ainsi que le met en évidence l'expérience suivante :

5^{cg} d'acide urique additionnés de 20^{cm^3} d'une solution saturée de bicarbonate de potassium sont oxydés à l'aide d'une liqueur décinormale d'iode. Le terme de la première phase de l'oxydation est indiqué par une teinte jaune due à un excès d'oxydant. On ajoute alors 5 gouttes de la solution iodée et l'on prélève 5^{cm^3} de la liqueur comme témoin. Le reste est acidifié au moyen d'acide chlorhydrique dilué. Aussitôt l'iode en excès disparaît, l'empois d'amidon n'en décèle aucune trace, alors que la prise d'essai témoin bleuit fortement par cet indicateur.

On comprend alors pourquoi, lorsqu'on dose l'iode par retour après acidulation, la quantité d'oxydant est supérieure à celle nécessaire à l'oxydation réalisée par addition d'iode à la solution d'acide urique en présence de bicarbonate de potasse. Les résultats obtenus correspondent à la somme de deux réactions :

1° Oxydation de l'acide urique en milieu alcalin (2^{at} d'iode par molécule d'uréide);

2°. Oxydation du corps intermédiaire en milieu acide.

La quantité d'iode engagée dans cette seconde réaction est variable, car en même temps que l'oxydation se poursuit, une fraction du corps intermédiaire est décomposée en allantoïne sous l'influence de l'acide.

De ce fait une portion de ce composé échappe à l'oxydation. L'allantoïne formée est inattaquable dans ces conditions.

(¹) Sundwick, *Zeitsch. f. physiol. Chemie*, t. 41, 1904, p. 341.

(²) Behrend, *Ann. der Chemie*, t. 333, 1904, p. 141.

(³) Biltz, *Berichte d. deut. Chem. Gesell.*, t. 54, 1921, p. 2457.

II. Ceci nous permet d'expliquer l'anomalie observée par Kreidl [1] dans le dosage de l'acide urique par l'iode en présence de soude et attribuée jusqu'ici à la formation d'un composé iodé instable.

Si, d'après cet auteur, on met une solution sodique d'acide urique en contact avec un excès d'iode et que l'on acidule après 15 minutes, on constate qu'une molécule d'acide urique consomme $3^{at},5$ d'iode. De plus, fait inattendu, si cette même opération est effectuée après 45 minutes, la même quantité d'acide urique n'absorbe plus que $2^{at},3$ d'iode.

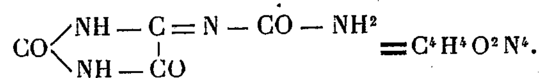
L'explication de ces faits nous paraît être la suivante :

L'acide urique, oxydé par l'iode en présence de soude, est encore transformé en un corps intermédiaire B. Celui-ci donne naissance à un uroxanate alcalin lorsqu'on évapore la solution sodique et à de l'allantoïne si l'on concentre la solution préalablement acidulée par l'acide acétique.

Ce composé B nous paraît jusqu'ici différent de celui (A) obtenu dans l'oxydation en présence de bicarbonate de potassium. Non seulement il est plus oxydable en milieu acide, mais le composé A, soumis 15 minutes à l'action de la soude diluée, n'est plus oxydable dans les mêmes conditions.

Le composé B subit lentement l'influence de la soude, il se transforme en un autre corps B′ moins oxydable en milieu acide. B′ paraît être une forme tautomère de B car il donne, comme ce dernier, un uroxanate alcalin et de l'allantoïne.

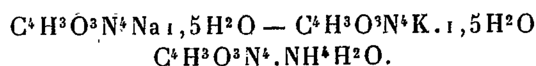
III. En raison de son instabilité, le composé intermédiaire B n'a pu être isolé, mais nous avons réussi à obtenir son produit d'oxydation par l'iode que nous avons caractérisé comme un uréide oxalique nouveau : l'amide de l'acide allantoxanique de constitution suivante :



$$CO\begin{cases} NH - C = N - CO - NH^2 \\ NH - CO \end{cases} = C^4H^4O^2N^4.$$

Celle-ci est justifiée par la transformation de l'uréide en allantoxanate de potassium par action de la potasse en solution concentrée.

Nous avons préparé quelques-uns de ses dérivés alcalins de formule



$$C^4H^3O^3N^4Na\,1,5H^2O - C^4H^3O^3N^4K.1,5H^2O$$
$$C^4H^3O^3N^4.NH^4H^2O.$$

L'oxydation en milieu acide du corps intermédiaire B′ demande plusieurs

---

[1] Kreidl, *Monat. f. Chemie*, t. 14, 1893, p. 109.

heures pour s'accomplir et l'on obtient un mélange complexe d'uréides oxaliques différents de l'amide allantoxanique (¹).

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de l'Éocène inférieur et sur l'existence de marnes bartoniennes à galets de roches éruptives dans le Sud-Ouest des Alpes-Maritimes.* Note de M. **L. Maurice**, présentée par M. H. Douvillé.

Il existe dans le Sud-Ouest des Alpes-Maritimes, à 2^{km} au Sud-Est de Saint-Vallier-de-Thiey, un affleurement d'Éocène indiqué comme Priabonien (e^{3-2}), sur la carte géologique au 1/80000 (²).

Les recherches de M. le docteur Guébhard et les déterminations de M. le professeur Douvillé ont montré la présence dans cet affleurement, d'une assise à *N. uroniensis* Heim, d'âge Lutétien inférieur (³), que M. Guébhard considère comme étant à la base de l'Éocène de la région (⁴).

Des recherches personnelles dans la partie Sud-Est de l'affleurement nous ont amené à constater qu'il existe, en réalité, au-dessous du niveau à *N. uroniensis*, une épaisseur de grès nummulitiques, qu'une coupe précise nous a permis d'estimer, en tenant compte de l'inclinaison des couches, à 76^{m}.

Ces grès renferment dans leur partie inférieure des Nummulites, que M. Douvillé a bien voulu examiner : *N. atacicus* Leym, avec sa forme, *A, subatacicus*, *N. globulus-Guettardi*. Cette faune est caractéristique de l'Éocène inférieur. Elle rappelle la faune cuisienne des couches de Bos d'Arros (⁵) et de Gan.

Le point où nous avons recueilli ces Nummulites ne se trouve pas tout à fait à la base des couches de l'Éocène inférieur. Il existe encore au-dessous une épaisseur de grès nummulitique, non fossilifère, égale à 18^{m}.

(¹) Nous ne pouvons donner ici le détail des expériences qui justifient les conclusions ci-dessus; elles trouveront place dans un autre Recueil.

(²) Carte géologique au 1/80000; feuille de Nice; Sud-Ouest, 1900.

(³) H. Douvillé, *Les mouvements alpins et pyrénéens pendant l'Éocène* (*B. S. G. F.*, C. R. S., 1921, p. 52, 53); *Orbitoïdes du Danien et de l'Éocène* (*B. S. G. F.*, 4ᵉ série, t. 22, 1922, p. 81, 82); *Le Lutétien inférieur dans le Bassin de l'Adour* (*B. S. G. F.*, C. R. S., 1920, p. 15, 16).

(⁴) A. Guébhard, *Notes provençales*, nᵒˢ 15-21, février 1921-août 1922; nᵒ 16, mai 1921, Faits divers, p. 13.

(⁵) H. Douvillé, *Sur les couches de Bos d'Arros* (*B. S. G. F.*, C. R. S., 1917, p. 175-176).

Ce grès de base repose en discordance sur le calcaire blanc portlandien, par l'intermédiaire d'une faible épaisseur de poudingue. Le contact entre l'Éocène inférieur et le Jurassique supérieur est visible dans le lit du torrent qui traverse la partie est de l'affleurement, à 58^m^ de l'embouchure d'un petit affluent.

Les assises de l'Éocène inférieur plongent vers le Nord avec une inclinaison de 22°; elles s'étagent sur le versant sud d'une colline jusqu'au niveau à *N. uroniensis* au-dessus duquel viennent les assises du reste du Lutétien, de l'Auversien et du Bartonien. Elles s'offrent ainsi à l'observation dans leur superposition normale.

Nous avons relevé la succession suivante :

1° Poudingue à ciment grèseux renfermant des galets peu nombreux de Jurassique et de Crétacé.

2° Grès grossier non fossilifère.

3° Grès fin, tendre et rosé à *N. atacicus-subatacicus*, *N. globulus-Guettardi*, *Pecten*.

L'ensemble représente une épaisseur de $23^m,5$.

4° Grès blanc, verdâtre, plus grossier, paraissant renfermer la même faune, devenant jaune et dur à sa partie supérieure, avec quelques rares Nummulites et Echinides. Épaisseur : $11^m,75$.

5° Grès jaunâtre, veiné de jaune, avec de très nombreuses petites Nummulites, des Operculines et des Orbitoïdes qui apparaissent subitement en masse, si bien que le niveau est bien délimité et facilement reconnaissable; quelques *Pecten*. Epaisseur : $2^m,5$.

6° Grès blanc, dur, jaunâtre et veiné de jaune par places, à Nummulites et Orbitoïdes plus ou moins nombreuses suivant le niveau. Epaisseur : 19^m.

7° Grès jaune à Nummulites et Operculines. Epaisseur : $8^m,75$.

8° Grès verdâtre, veiné de jaune à Nummulites, Orbitoïdes et Operculines. Epaisseur : $10^m,5$.

9° Grès à *N. uroniensis* et Orbitoïdes de grande taille, quelques *Pecten*. Epaisseur : $1^m,25$.

Immédiatement au-dessus du niveau à *N. uroniensis* se trouve un faciès particulier du Lutétien, un calcaire blanc, verdâtre, taché de jaune, avec quelques Nummulites de grande taille et des Polypiers. Epaisseur : 18^m.

Le reste de l'Éocène est constitué par des grès d'abord jaunes ou rosés, puis rubigineux, qui passent à des grès marneux verdâtres et finalement à des marnes, dont les faunes de Nummulites et d'Orbitoïdes ont été étudiées précédemment par M. le professeur Douvillé [1]. Epaisseur : 43^m.

L'Éocène présente ici une épaisseur totale de : $76^m + 61^m$, soit 137^m.

---

[1] H. Douvillé, *Orbitoïdes du Danien et de l'Éocène* (*B. S. G. F.*, 4e série, t. 22, 1922, p. 81-82). — A. Guébhard, *Les Préalpes maritimes* (*B. S. G. F.*, 4e série, t. 2, 1902, p. 551-553, 614).

La distinction des différents niveaux que nous avons relevés repose sur des caractères exclusivement lithologiques; l'étude des faunes de Nummulites qu'ils renferment nous permettra de les répartir dans leurs étages respectifs. Mais, dès maintenant, l'existence d'une faune cuisienne de Nummulites à la base de l'Éocène indique la présence dans cet affleurement d'une grande partie de l'Éocène inférieur.

Dans la partie sud du même affleurement, la carte géologique indique la présence d'un épanchement de labradorite. Or nous avons observé, non pas une roche éruptive en place, mais des marnes à Nummulites et Operculines, renfermant des galets de roches éruptives diverses. Parmi les Nummulites recueillies se trouve fort probablement *N. striatus* d'Orb., ce qui indiquerait l'âge bartonien. La présence de ces marnes tendrait à prouver l'existence, dans la région, d'éruptions éocènes.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des phénomènes de charriage de l'île de Majorque.* Note (1) de M. **B. Darder Pericás**, présentée par M. Émile Haug.

Lors de la publication de ses premières Notes sur les charriages de la Sierra Principale de Majorque, M. Fallot (2) faisait déjà la distinction de deux faciès du Miocène de l'île : le faciès septentrional, avec marnes bleues, grès à Amphistégines et marnes gréseuses à *Chlamys præscabriusculus* (Font.), qui occupent la partie moyenne de la formation; et le faciès méridional de mollasses, avec *Ostrea crassissima, Chlamys Gentoni*, *Pithocerithium* cf. *pictum* et puis, cité par Hermite (3), *Chl. præscabriusculus*, qui n'a pas été trouvé par les autres géologues. Le savant professeur de Nancy interprète ces faits en supposant que ces deux faciès sont en partie synchroniques, que le Miocène des nappes de la Sierra Principale ou Sierra Nord serait du Burdigalien, surmonté d'Helvétien et que le Miocène du type méridional appartiendrait au Burdigalien, à l'Helvétien et au Tortonien, sous la réserve que *Pithocerithium* peut être un fossile de faciès et se trouver à divers étages.

Dans la Sierra Principale, objet du superbe travail de M. Fallot, on ne trouve pas la discordance du Miocène type méridional avec le Miocène type nord des séries charriées; par contre, au centre et à l'est de l'île, il est facile

(1) Séance du 14 janvier 1924.

(2) Paul Fallot, *Étude géologique de la Sierra de Majorque* (Paris, Béranger, 1922).

(3) H. Hermite, *Études géologiques sur les îles Baléares* (Paris, Savy, 1879).

de confirmer la transgression du Vindobonien horizontal avec faciès méridional sur les marnes du Miocène type septentrional des nappes charriées; mais M. Fallot, frappé de la forte inclinaison des assises franchement vindoboniennes au pied de la Sierra Principale, arrive à la conclusion, non sans quelques réserves, que des couches se sont déposées avant la phase orogénique principale.

Nous avons de sérieux motifs de douter du synchronisme de ces deux faciès, il n'y a aucune preuve de l'existence de l'Helvétien dans le Miocène du type nord et, d'un autre côté, la présence du Burdigalien n'est pas certaine dans les mollasses du faciès méridional; nous n'avons donc pas d'autre référence que celle d'Hermite relative à la présence de *Chl. præscabriusculus* dans les collines de Sta. Eugenia, mais cette espèce n'a pas été retrouvée malgré nos minutieuses recherches. M. Fallot, dans ces mêmes collines, a trouvé, par contre, une faune helvétienne typique à *Chl. Gentoni*. Il nous est donc permis de penser que le faciès septentrional du Miocène ne comprend que du Burdigalien et que le faciès méridional, qui ne fait pas partie des nappes, est formé d'Helvétien et arrive peut-être jusqu'au Tortonien. Par conséquent il n'y a pas synchronisme entre ces deux faciès et la citation du Peigne burdigalien, faite par Hermite en 1879, serait due à une erreur de détermination ou à une confusion de localités.

Il reste encore une autre difficulté à résoudre : les efforts orogéniques que semblent avoir subis les couches vindoboniennes dans certains endroits de l'île. A première vue on est frappé de voir les couches vindobonienes horizontales dans toute l'île, exception faite des zones rapprochées du pied de la Sierra Nord sur les bords de la nappe alluviale qui relie les deux baies opposées. Nous devons ajouter que l'intéressante étude des tremblements de terre à Majorque, due au professeur Fontseré [1], montre les épicentres situés précisément le long du pied de la chaîne. Il est donc permis de supposer l'existence d'une fracture le long de cette zone et même de lui attribuer la formation des baies de Palma et d'Alcudia.

De ces faits et des belles conclusions de M. Fallot relatives à l'âge de l'effondrement de la partie nord-ouest de la chaîne principale, nous pouvons inférer la possibilité que la rupture indiquée par Fallot fût accompagnée d'une autre rupture corrélative au pied méridional de la chaîne, rupture qui la désunit tectoniquement du reste de Majorque. Ce bloc immense

---

[1] E. FONTSERÉ, *Notas sueltas de sismologia Balear* (*Public. de la Fac. de Cien. de Barcelona*, 1918).

pouvait basculer en s'enfonçant par sa partie sud-est, en déterminant le pendage général dans cette direction et la rupture des assises miocènes déposées transgressivement après les charriages. Les bords de ces couches devaient plonger vers la ligne d'effondrement; ainsi le segment basculé plonge avec son Vindobonien vers le centre de l'île, tandis que l'Helvétien de celle-ci plonge, au bord de la ligne d'effondrement, vers la Sierra et demeure horizontal dans toute le reste de l'île. Cette fracture serait maintenant cachée sous les alluvions, ne se révélant que par la situation des séismes. A notre avis et à titre d'hypothèse, cette manière de voir peut rendre compte de l'inclinaison des assises vindoboniennes sans qu'il soit nécessaire de faire appel à des efforts orogéniques.

S'il peut être établi que les deux faciès miocènes ne sont pas synchroniques et que le plongement du Vindobonien n'est pas dû à des phénomènes orogéniques, il n'y aura pas lieu de maintenir les deux sérieuses objections de M. Fallot relatives à la date assignée dans notre travail d'Artà aux phénomènes de charriage et nous serons raffermis dans la conviction que celles-ci ont eu lieu vers la fin du Burdigalien ou, plus probablement, au début de l'Helvétien. Ainsi les grès et marnes du Burdigalien seraient déposés avant les grands plissements et l'érosion des reliefs nouveaux aurait fourni les matériaux pour la sédimentation des mollasses dans les dépressions occupées par la mer vindobonienne, ce qui peut-être expliquerait la différence de faciès de terrains d'âge si rapproché.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur des vestiges de plantes dévoniennes et carbonifériennes recueillies, en Ouadaï, par la mission du lieutenant-colonel Grossard.* Note (¹) de MM. **P.-H. Fritel** et **Carrier**, présentée par M. J. Costantin.

La mission de délimitation Ouadaï: Darfour, commandée par le lieutenant-colonel Grossard, a parcouru la partie orientale de l'Ennedi et de l'Erdi, du parallèle 16° au parallèle 19°30′, région constituée par deux plateaux, séparés par la profonde dépression de Mourdi, large de 60^{km}. Cet ensemble est constitué par une formation gréseuse, horizontale, coupée par de profondes vallées et limitée, au Sud, par une haute falaise à la base de laquelle on aperçoit la pénéplaine cristalline sur laquelle repose la masse des grès. Ce soubassement cristallin s'incline légèrement et disparaît peu

(¹) Séance du 21 janvier 1924.

à peu vers le Nord sous les grès dont l'épaisseur, de 50m environ, au début, passe progressivement à plusieurs centaines de mètres. Au Nord, l'Erdi-ma se prolonge par le plateau continu du Désert lybique.

La masse gréseuse est composée de couches à grain grossier, alternant avec des couches moins épaisses d'un grès plus fin dans lesquelles des fossiles végétaux ont été rencontrés.

Ces fossiles se répartissent en deux catégories correspondant chacune à un niveau stratigraphique distinct.

La première comprend des empreintes se rapportant soit à des pistes d'animaux invertébrés, soit à des Algues du groupe, aujourd'hui éteint, des Alectoruridées de Schimper (1).

La seconde catégorie est constituée par des restes de plantes non douteux : rachis de Fougères; fragments de tiges, de rameaux et de feuilles de *Lepidodendron*, *Ulodendron*, etc.

Parmi les fossiles de la première catégorie, outre une piste du type *Cruziana* provenant d'Ouara, nous citerons de ce même gisement et de celui d'Enibé, plusieurs empreintes identiques à celles que J. Hall (2) a figurées sous les noms de *Spirophyton typum* (*Taonurus typus*) et *Sp. crassum*, caractéristiques du Dévonien supérieur (Hamilton et Chemung group) de l'État de New-York. Elles sont accompagnées, à Ouara, par des empreintes à ornementation plus prononcée, assimilables par ce caractère au *Spirophyton cauda-galli* Vanuxem (3), qui se rencontre au même niveau stratigraphique en Pensylvanie et dans l'Ohio. D'autres encore rappellent des formes du même ordre, décrites par de Saporta (4) et Marion, sous les noms génériques de *Taonurus* et *Palæophycus*.

Certains niveaux gréseux d'Enibé et d'Ouara représenteraient donc le Dévonien, ou tout au moins sa partie supérieure.

Le genre *Lepidodendron*, très commun dans certains gisements rencontrés par la mission, y décèle l'existence d'un niveau stratigraphique plus élevé que le précédent.

Un bloc provenant d'Enibé a fourni plusieurs portions de tiges, de tailles variables, dont l'une du type ulodendroïde, sur laquelle les grandes cicatrices elliptiques correspondent, par leurs dimensions, à celles de l'*Ulodendron majus*, Lindl. et Hutt.

Le *Lepidodendron Veltheimianum* Sternberg semble également représenté dans ces grès. Nous avons cru le reconnaître dans une empreinte d'une conservation défectueuse recueillie à l'Oued Agha.

Les bancs de grès fin, à ciment très argileux, qui constituent les couches moyennes

---

(1) SCHIMPER *in* ZITTEL, *Traité de Paléontologie*, Part II : *Palæophytologie*, p. 52 et 57.

(2) I. HALL, 16th *Report on the Cabinet of Nat. hist. of New-York*, 1863, pl. II, fig. 2, 3, 4.

(3) VANUXEM, *Geology of Third Dist. of New-York*, 1842, p. 828, fig. 30.

(4) SAPORTA et MARION, *Évolution du règne végétal : Cryptogames*, 1881, p. 84, fig. 23, et p. 90, 91, fig. 27, 28.

d'Agha, ont fourni une série d'empreintes empilées par lits de moins de 1^{cm} d'épaisseur et se rapportant à des tiges ou des rameaux de divers ordres, à ornementations variées correspondant à des états de décortication différents.

La disposition des cicatrices foliaires en files longitudinales, qui se montre sur certaines parties de ces tiges, semble indiquer la présence, à Agha, d'un *Lepidodendron* voisin de certaines espèces du Carbonifère inférieur, cette disposition se montre aussi, bien que plus rarement, sur certains *Ulodendron* du Culm (¹). Des débris de feuilles, accompagnant ces tiges, rappellent celles de ce dernier genre.

Nous signalerons, en outre, dans les couches moyennes d'Ouara, du Piton de Kouro et de la Falaise de l'Erdi-ma, la présence de rachis de frondes filicoïdes, rappelant ceux de certains *Diplotmema* et *Calymmatotheca* du Culm supérieur (²).

En résumé, l'examen des fossiles rapportés de l'Ouadaï par la mission permet, dès aujourd'hui, d'indiquer la présence : 1° du Dévonien supérieur : Grès à *Spirophyton* et pistes d'Invertébrés, couches moyennes d'Enibé, inférieures d'Agha et d'Ouara. Ce grès peut être considéré comme l'équivalent du grès à *Spirophyton* des États-Unis (groupe de Chemung) et du « grès noir » qui occupe de grandes surfaces dans le Sahara où il a fourni des fossiles marins voisins de ceux du Dévonien supérieur américain (³).

2° Du Dinantien ou Culm supérieur : couches à *Lépidodendron Ulodendron* et rachis de Sphénophyllées d'Enibé (niveau supérieur); des parties moyennes de la Falaise de l'Erdi-ma, d'Ouara, d'Agha, du piton de Kouro, et des couches supérieures de Kouro. Ces grès à *Lépidodendron* sont vraisemblablement du même âge que ceux des environs de Bechar, dans lesquels la présence du *Lép. Veltheimianum* a été reconnue et qui sont considérés comme dinantiens (⁴). Nous rappellerons encore que des grès à *Lépidodendron* se rencontrent en Nubie et sont rapportés à l'étage Westphalien (⁵).

(¹) Ed. Bureau, *Flores fossiles du Bassin de la Basse-Loire*, 1913, pl. XLVIII, fig. 2.

(²) Ed. Bureau, *loc. cit.*, pl. VIII, fig. 1; XXI, fig. 1; XXIV, fig. 1.

(³) Fresch, *Lethœa*, 1897.

(⁴) E. Bureau, *Comptes rendus*, t. 128, 1899, p. 1626.

(⁵) De Lapparent *Traité de Géologie*, 5e édition, t. 2, 1906, p. 946.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Étude détaillée d'une région de forte anomalie magnétique en Bretagne.* Note de M. **Ch. Maurain**, transmise par M. D. Berthelot.

La distribution du champ magnétique terrestre présente des anomalies assez fortes en Bretagne; aussi les stations prévues pour l'établissement du nouveau réseau magnétique de la France y sont-elles plus denses que dans les régions peu troublées; leur distance moyenne, dans les trois départements de l'ouest de la Bretagne, est environ 16^{km}. Je me suis proposé de rechercher, par une étude détaillée faite en un certain point, avec quelle fidélité on peut espérer tracer la carte des lignes isomagnétiques, et aussi avec quelle précision la position des stations doit être définie dans une région anomale, en vue de l'étude des variations séculaires.

J'ai à cet effet mesuré la composante horizontale H à peu près tous les kilomètres sur une ligne comprise dans la région où l'anomalie paraît la plus forte, la portion de la route de Ploërmel à Pontivy comprise entre Guillac (La Pyramide) et Lantillac, dont l'orientation est à peu près WNW à ESE.

Des mesures absolues ont été faites aux deux extrémités; aux points intermédiaires, on a déterminé la durée d'oscillation T d'un barreau aimanté utilisé dans les mesures absolues; la température ayant peu varié au cours de ces opérations (de 15°,6 à 18°,4), le moment magnétique M du barreau est resté sensiblement constant, et l'on peut déduire la valeur de H de celle de T par la formule $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{MH}}$, ou $H = \frac{A}{T^2}$. La valeur prise pour A a été la moyenne des valeurs très voisines déduites des mesures absolues à Guillac et à Lantillac ([1]).

On a ainsi obtenu les valeurs suivantes :

([1]) Je n'ai pas fait intervenir les mesures absolues faites à Josselin, qui est entre Guillac et Lantillac, parce que d'une part la température était plus élevée (20°), et que d'autre part l'agitation magnétique était assez forte au moment où ces mesures ont été faites. La valeur de H obtenue à Josselin, 0,19743, se place d'ailleurs bien parmi les valeurs reproduites ici.

Distance à Guillac (en mètres).	H.	Écart par rapport à la moyenne (en unités du 5e ordre).	Écart relatif.
0 (Guillac).........	0,19896	+103	+0,0052
1000..............	19563	−230	−0,0116
1850..............	19525	−168	−0,0085
3050..............	19652	+159	+0,0080
4250..	19865	+ 72	+0,0036
6150..............	19949	+156	+0,0079
6250	19992	+199	+0,0100
7150	19316	−477	−0,0241
8150..............	19578	−215	−0,0109
9150............. .	20013	+220	+0,0111
10150..............	19888	+ 95	+0,0048
11150 (Lantillac)....	19872	+ 79	+0,0040

Ainsi, sur cette courte distance de 11^{km}, orientée pourtant dans une direction où H devrait peu varier d'après la répartition générale du champ terrestre, on constate des valeurs de H dont les plus divergentes diffèrent entre elles de 3,52 pour 100 de la moyenne; la distance des deux stations qui présentent cet écart énorme est seulement 2000^{m}, et il y a un écart de 3,41 pour 100 entre les septième et huitième stations, dont la distance est 900^{m}. Il est d'ailleurs probable qu'en opérant, sur cette ligne, en des stations plus nombreuses, on aurait trouvé un écart maximum encore plus grand.

On peut déduire de là que : 1° Les anomalies magnétiques en Bretagne sont encore plus accentuées qu'il ne résultait des mesures, relativement espacées, faites en vue de l'établissement de la carte.

2° Dans une région à anomalie aussi forte, on ne pourrait établir avec précision une carte détaillée qu'en effectuant des mesures en un très grand nombre de stations. Les lignes isomagnétiques qu'on est conduit à tracer dans une carte à la même échelle que le reste de la France ne représentent déjà, bien qu'assez tourmentées, qu'une distribution moyenne, et leur forme dépend du choix des stations.

3° Pour déduire les variations séculaires du champ terrestre de mesures faites à différentes époques dans une région à forte anomalie, il faut s'astreindre à reprendre aussi exactement que possible les anciens emplacements. Par exemple, si une station se trouve en un endroit où la variation de H est aussi rapide que celle signalée plus haut, c'est-à-dire 3,42 pour 100 sur

une distance de 900^m ou $\frac{1}{1000}$ sur une distance de 27^m, il faut que l'emplacement soit fixé à 10^m ou 15^m près si l'on veut que la précision que comporte la mesure ait un sens en ce qui concerne la détermination de la variation séculaire. — Les conditions sont naturellement en général beaucoup plus favorables.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur l'anomalie magnétique de Koursk.* Note de M. **P. Lasareff**, présentée par M. Louis Gentil.

Dans une Note précédente ([1]) j'ai donné un aperçu historique et un exposé sommaire des travaux magnétiques et gravimétriques exécutés dans le domaine de l'anomalie magnétique de Koursk. Dans la présente Note j'ajouterai les détails nécessaires pour compléter les caractéristiques de cette anomalie.

La figure 1 représente la carte géographique de la partie du gouvernement de Koursk. La ligne AAA... est la ligne axiale de l'anomalie ([2]). Le point B indique l'emplacement du forage profond.

Pour donner une représentation exacte de la variation de l'intensité du champ de l'anomalie sont représentés, sur la figure 2, les résultats des mesures de la composante verticale Z, le long de la ligne axiale de l'anomalie AAA....

L'axe des abscisses représente les longueurs prises le long de la ligne axiale, les ordonnées sont les valeurs de Z. On voit, d'après cette figure, qu'il y a deux maxima très grands [Z = 2,0 C.G.S.] : l'un situé près de Stschigry (près du point B, *fig.* 1) et l'autre, double, dans le district de Stary Oscol.

La variation de la composante verticale Z et de la composante horizontale H normalement à la ligne axiale de l'anomalie est représentée sur la figure 3, qui donne les valeurs de H et de Z près du village Oguibnoje.

Comme je le démontrerai dans une Note ultérieure ces variations de Z et H, observées dans toutes régions de l'anomalie de Koursk, prouvent que l'anomalie dépend des gisements magnétiques et non des courants telluriques.

Pour obtenir toute la précision nécessaire à l'établissement des cartes des isolignes, il a été indispensable de faire un levé géodésique systématique

([1]) P. Lasareff, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1232.
([2]) P. Lasareff, *loc. cit.*, p. 1233.

sur tout le domaine de l'anomalie. Voici le calcul simple par lequel je suis arrivé à fixer l'échelle des cartes géodésiques (¹).

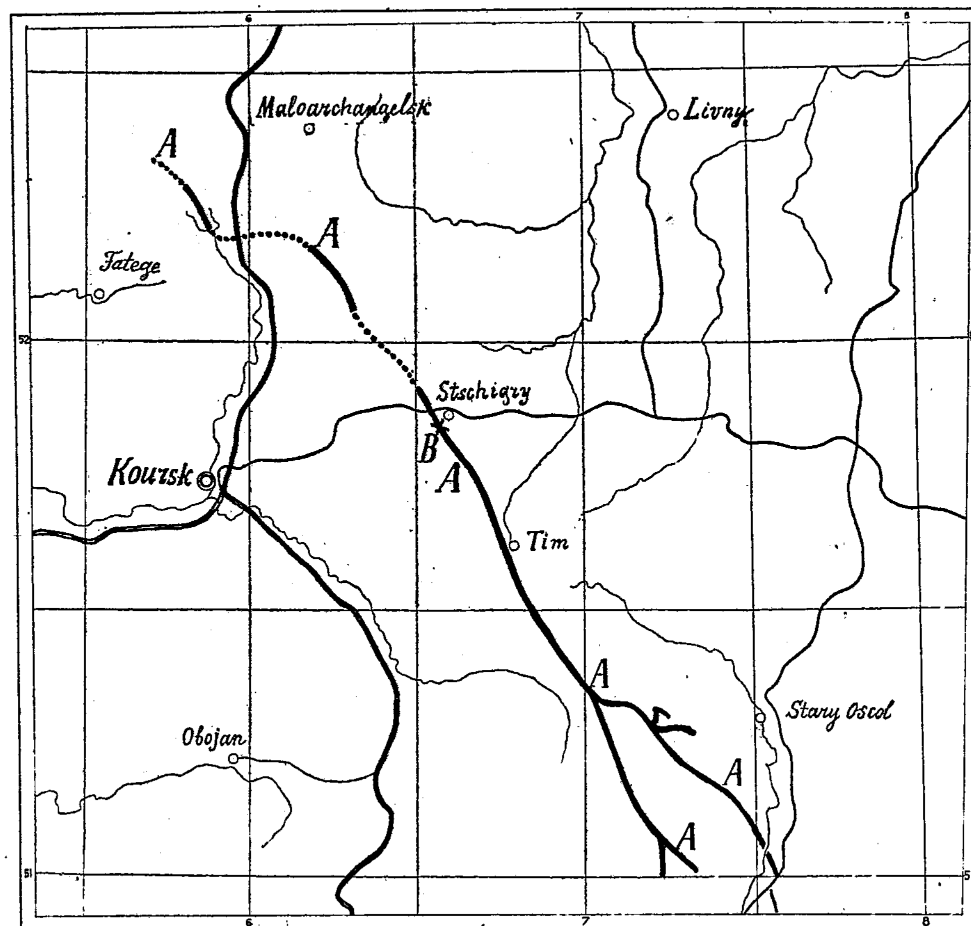


Fig. 1.

Soient Z la valeur de Z observée au point A, et ΔZ la variation de Z normalement à la ligne axiale observée au point B. La distance AB est l. Ensuite soit l_0 une distance sur surface de la Terre à laquelle correspond une distance minimale appréciable graphiquement σ_0 sur la carte. Admettons que ΔZ soit une fonction linéaire de l, nous trouvons que la variation

(¹) Voir P. Lasareff, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Russie*, 1923, p. 31.

de Z correspondant à une distance l_0 est

$$\Delta Z_0 = \frac{\Delta Z\, l_0}{l}.$$

Pour éviter un travail superflu, il a fallu choisir une méthode magnétométrique dont l'erreur d'observation soit égale à $\frac{\Delta Z\, l_0}{l}$.

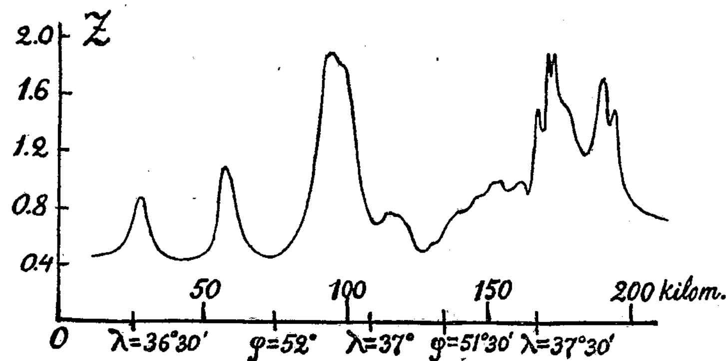


Fig. 2.

Si p est l'erreur commise (pour 100), $\frac{p}{100}$ ne doit pas dépasser ΔZ_0. Par

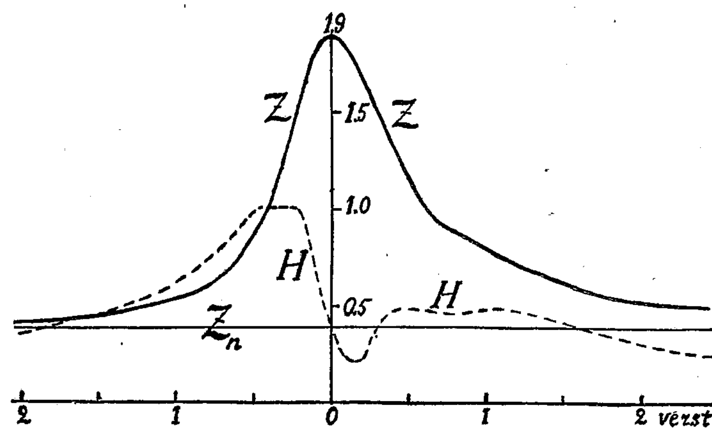


Fig. 3.

conséquent,

$$\frac{p}{100} = \frac{\Delta Z}{Z}\frac{l_0}{l} \quad \text{ou} \quad p = \frac{\Delta Z}{Z}\frac{l_0}{\sigma_0}\frac{\sigma_0}{l}100 = \frac{\Delta Z}{Z}\,E\,\frac{\sigma_0}{l},$$

E est une constante dépendant de l'échelle.

Les calculs que j'ai exécutés montrent que, pour obtenir toute la précision possible de la méthode du déflecteur de Collongue, il faut avoir une carte à grande échelle ($\frac{1}{40000}$ ou $\frac{1}{20000}$ environ). Le levé correspondant a été exécuté par fragments successifs pour toute l'anomalie septentrionale représentée par la figure 1. La section géodésique a commencé sa triangulation le long de la ligne axiale.

ACTINOMÉTRIE. — *Mesures de la radiation solaire à Jungfraujoch.* Note de M. **Edward Stenz**, présentée par M. Bigourdan.

Du 23 septembre au 3 octobre 1923 j'ai pu faire des mesures de l'intensité de la radiation solaire à Jungfraujoch ([1]) ($\varphi = 46°32',8$ N; $\lambda = 7°58°,4$ E. Green.; $H = 3457^m$). Pour estimer l'absorption des couches plus basses de l'atmosphère j'ai fait également une série de mesures à Eigergletscher (2323^m).

Ces mesures ont été effectuées avec un actinomètre bimétallique de Michelson, qu'on a étalonné tous les jours d'observation en le comparant avec le pyrhéliomètre d'Angström.

Outre les mesures de l'énergie totale, j'ai fait également des mesures actinométriques dans les diverses parties du spectre solaire et spécialement dans la partie rouge. J'ai isolé ces parties du spectre au moyen de verres colorés. Voulant obtenir des valeurs comparables à celles obtenues dans les précédentes mesures, j'employai les mêmes écrans rouges qui avaient été utilisés dans les mesures analogues faites au sommet de Lysina (Beskides Polonaises) et dans les montagnes de Java ([2]). Un de ces écrans d'épaisseur $3^{mm},95$, laisse passer, d'après nos mesures spectrophotométriques, 78 pour 100 de la radiation de longueur d'onde $0^{\mu},73$ et est presque opaque pour les longueurs d'onde voisines de $0^{\mu},55$.

Pendant mon séjour à Jungfraujoch les conditions atmosphériques furent presque toujours favorables; cette circonstance nous a permis de faire environ 1000 mesures de la radiation solaire. Bien que les résultats de ces

([1]) E. Stenz, *Wiadomosci Meteorologiczne* (*Bulletin mensuel de l'Institut central météorologique de Pologne*, Varsovie, 1923, p. 107).

([2]) Lad. Gorizynski, *Sur la diminution de l'intensité, dans la partie rouge, du rayonnement solaire, observée entre l'Europe et l'Équateur* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 754-757). Voir aussi *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 487.

mesures ne soient pas jusqu'à présent calculés d'une manière définitive, nous pouvons signaler quelques faits qui nous semblent intéressants :

1. *Radiation totale.* — On obtient de très grandes valeurs absolues de la radiation, grâce à la faible humidité et à la transparence considérable de l'air. Le 30 septembre, vers midi, j'ai observé un maximum de 1,64 gr. cal., ce qui fait plus que 85 pour 100 de la constante solaire. La marche diurne de l'intensité de la radiation montre un caractère symétrique par rapport à midi vrai. Les variations de la radiation, causées par les changements de la transparence de l'atmosphère, étaient insignifiantes.

Le Tableau suivant indique les résultats des mesures de la radiation solaire, en fonction de la hauteur du Soleil et de la masse atmosphérique, faites le 30 septembre 1923 [Jungfraujoch-Plateau (3487^{m})] :

		Q gr. cal., cm², min.			Rad. « rouge »
$h_{\odot}$.	m_{atm}.	avant	midi	après	pour 100.
40,5...........	1,03		1,63		51,4
26,5...........	1,5	1,55		1,54	53,2
19,3...........	2,0	1,47		1,46	54,3
15,3...........	2,5	1,39		1,39	55,2
12,5...........	3,0	1,31		1,33	57,0
10,6...........	3,5	»		1,27	57,7
9,3...........	4,0	»		1,23	59,0
8,3...........	4,5	»		1,17	59,7

Remarques. — Pression atmosphérique : 510^{mm}. $t^0_{moy} = +6°C$. Tension de la vapeur d'eau : 1^{mm},6. Nébulosité : 0.

Nota. — Les valeurs de la radiation totale Q sont réduites à l'échelle internationale de la Smithsonian Institution.

2. *Rayonnement « rouge ».* — La dernière colonne du Tableau donne la proportion du rayonnement « rouge », obtenu à l'aide de l'écran, mentionné plus haut. On a étudié la marche diurne de la radiation « rouge » par des observations prolongées jusqu'au coucher du Soleil.

La discussion des résultats permet de caractériser les propriétés optiques de l'atmosphère dans les montagnes. On a observé qu'en général à Jungfraujoch la radiation « rouge » (le rouge avec l'infrarouge), réduite aux mêmes masses atmosphériques, est plus petite que celle observée dans les plaines de Pologne.

3. Les comparaisons de l'actinomètre de Michelson avec le pyrhéliomètre d'Angström montrent que le coefficient instrumental de l'actinomètre

varie avec l'altitude. Ce phénomène est en accord avec l'opinion de M. A. Angström.

Il est intéressant d'ajouter que la courbe de la radiation Q en fonction de la masse *m* se place au-dessus des courbes tracées (par M. Maurer, directeur de l'Institut météorologique de Zurich) d'après les observations faites au mont Withney (août et septembre, 1908-1910) et Alta Vista (juillet 1897). Il me semble que la valeur élevée de l'intensité est due à la petite quantité de la vapeur d'eau et à la haute transparence de l'atmosphère qui en est la conséquence.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'iode dosable des* Laminaria flexicaulis. Note de M. P. FREUNDLER, présentée par M. A. Béhal.

La teneur en iode des grandes algues brunes vivaces subit des variations saisonnières qui nous ont amenés à attribuer à cet élément le rôle d'une substance de réserve ([1]). Dans le cas des *L. Cloustonii*, les analyses peuvent être faites dans les conditions ordinaires de travail, en raison de la stabilité du composé iodé; au contraire, les *L. flexicaulis* accusent, très vite après la récolte, des diminutions notables du taux d'iode, diminutions que nous avions d'abord envisagées comme une conséquence de la dessiccation ([2]). Il était donc nécessaire d'effectuer sur place les dosages d'iode et d'eau de constitution. Ce n'est que l'été dernier que cette condition a pu être réalisée, et de suite sont apparues les constances remarquables que nous exposerons plus loin.

Méthodes de dosage. — Sous le nom d'*iode dosable*, nous entendons la quantité d'iode déterminée par l'une des méthodes suivantes :

1° Incinération en deux temps au four à moufle, à la température du rouge sombre; reprise par l'eau; libération de l'iode par le nitrite et SO^4H^2; épuisement au tétrachlorure et titrage par l'hyposulfite.

2° Épuisement par le bisulfite de chaux; oxydation manganique d'une partie aliquote de l'extrait et titrage de l'iodate formé par HCl, KI et l'hyposulfite; ou bien, précipitation de l'extrait bisulfitique par $CuSO^4$ et dosage de Cu^2I^2 par les procédés habituels.

3° Dialyse prolongée des algues dans un volume connu d'une saumure d'eau de mer

---

([1]) P. FREUNDLER et Mlles MENAGER et LAURENT, *Recherches sur les Laminaires des côtes bretonnes* (*Mémoires de l'Office des Pêches*, n°s 13 et 26, 1922 et 1923).

([2]) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 931.

et de KCl, et dosage de l'iodure dialysé après oxydation en iodate comme ci-dessus. L'égale répartition de l'iode dans le liquide retenu par les algues et dans la saumure a été vérifiée chaque fois par un bisulfitage complémentaire.

Les chiffres fournis par les trois méthodes concordent à 1 pour 100 près environ. Les teneurs en iode ont été rapportées comme précédemment à 100 parties d'algues sèches.

Nature, répartition et taux d'équilibre de l'iode dosable. — La fixité à la calcination, la dialyse totale à travers les parois cellulaires et le collodion, la libération instantanée et intégrale de l'iode par l'acide azoteux et sa précipitation quantitative en iodure cuivreux, permettent d'affirmer que l'iode dosable se trouve à l'état d'*iodure minéral*, soit libre, soit sous la forme d'un *complexe imparfait*. Dans les lames fraîches, la répartition est uniforme, même lorsque l'algue est fertile. Les stipes n'ont pas encore été étudiés sous ce rapport.

Lorsque les *L. flexicaulis* sont récoltés dans une même région et qu'ils sont analysés dans les 48 heures après avoir été conservés au frais et à l'obscurité, ils accusent, pour un même poids d'algue sèche, une quantité d'iode sensiblement constante (0,6 à 0,7 pour 100 pour la côte Ouest de la baie de Saint-Brieuc); ce pourcentage varie à peine d'août à décembre, et il est indépendant de l'âge des individus. Aucune exception à ces règles n'a été observée.

Et comme les algues fraîches contiennent dans leur lame une quantité d'eau presque invariable et voisine de 80 pour 100, il en résulte que la constance du rapport de l'iode dosable à la matière sèche se traduit aussi par une constance de concentration de cet iode dans le liquide physiologique de l'algue. Dans ces conditions, la régularité du rapport iode : eau résulterait d'un équilibre osmotique entre ce liquide physiologique et l'eau de mer extérieure dont la température, la composition et la masse peuvent être considérées comme invariables pour un lieu considéré.

Variations de l'iode dosable. — Lorsque les algues sont sorties de la mer, les teneurs en iode minéral peuvent subir, plus ou moins rapidement, des augmentations ou des diminutions qui s'élèvent souvent à $0^g,15$ ou $0^g,20$ pour un *L. flexicaulis* de poids moyen (250^g).

Les diminutions ont toujours été observées en été et au début de l'automne (relation possible avec la période de sporulation) et chez des algues conservées avec leur stipe et exposées à la lumière du jour. Elles n'ont pas lieu, ou du moins elles sont infiniment plus lentes et plus faibles à la lumière diffuse. Nos expériences sont en opposition avec l'hypothèse d'un

transport vers le stipe ou d'une volatilisation directe; mais il est possible que, sous l'influence de la lumière et grâce à un mécanisme oxydasique, une partie de l'iode minéral se transforme en un composé volatil.

Pour donner une idée de la rapidité du phénomène, nous citerons le cas de *L. flexicaulis* récoltés en août 1923; au bout de 3 heures d'exposition à la grande lumière du jour, la teneur en iode s'est abaissée à 0,23-0,24 pour 100; des témoins récoltés la veille sur le même rocher, maintenus à l'obscurité et analysés en même temps, accusaient 0,64-0,66 pour 100. Le premier lot pauvre renfermait encore 50 pour 100 d'eau, le second lot riche 40 pour 100 seulement. Il n'y a donc pas de relation entre la diminution de l'iode et la dessiccation.

Les augmentations de l'iode dosable ont été observées, au contraire, sur des lames ou des demi-lames recueillies en octobre, novembre et décembre 1923 et séparées des stipes de suite après la récolte; les échantillons, pesés, ont été conservés dans des bocaux bouchés à l'émeri, avec ou sans addition de bisulfite de chaux dilué, d'eau de mer ou de saumure; ils sont restés à la lumière diffuse ou dans l'obscurité et ont été analysés après des temps variant de 8 jours à 3 mois. Dans ces conditions, nous avons retrouvé le taux normal d'équilibre dans le quart des échantillons; une moitié a fourni des augmentations d'iode assez constantes, la teneur totale s'élevant à 1,01-1,09 pour 100; le dernier quart a accusé des accroissements intermédiaires et variables. Jamais il n'y a eu diminution. D'autre part, les deux demi-lames d'une même algue ont toujours présenté, sauf dans un cas, les mêmes teneurs en iode. Quant aux stipes coupés, ils manifestent des variations analogues.

Nous nous proposons d'étudier sous peu les conditions qui peuvent influer sur ce phénomène (durée de l'expérience, P_H, saison, mode de sectionnement, etc.). Mais d'ores et déjà il faut admettre que l'algue renferme, en plus de son taux normal d'iode minéral fixe, une quantité peut-être assez constante d'une substance susceptible de se transformer en iodure par un processus que nous considérons comme une sorte d'autolyse *post mortem*. La nature iodée de cette substance n'a pu être décelée par aucune des méthodes employées jusqu'ici; mais nous mettons actuellement au point un procédé de combustion en appareil clos qui nous donnera toutes garanties contre des pertes d'iode résultant d'une volatilisation ou d'une attaque incomplète.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La migration de l'inuline dans les greffes de Composées.* Note de MM. **H. Colin** et **R. Franquet**, présentée par M. Guignard.

Lorsqu'on greffe un rameau de Topinambour sur Soleil annuel, l'inuline du greffon ne se répand jamais dans le sujet. Serait-ce que la migration des principes est arrêtée au niveau du bourrelet? Il n'en est rien, car le sujet se développe convenablement alors même qu'on le prive de ses feuilles de façon qu'il ne puisse s'alimenter qu'aux dépens du greffon. Il y a donc lieu de croire qu'une certaine quantité d'inuline émigre du Topinambour au Soleil; rapidement transformée, elle passe inaperçue.

Ce n'est pas là, toutefois, une preuve péremptoire; les rameaux de Topinambour renfermant toujours, à côté de l'inuline, du saccharose et des sucres réducteurs; aussi cherchions-nous depuis longtemps à démontrer d'une façon rigoureuse l'utilisation de l'inuline du greffon par un sujet qui n'en contient pas à l'état autonome.

Nous avons essayé toutes sortes de combinaisons entre diverses Composées : *Helianthus*, annuels ou vivaces, *Aster*, *Boltonia*, *Eupatorium*, *Artemisia*, *Solidago* (1), etc.

La greffe *Helianthus multiflorus* sur *Helianthus annuus* nous a fourni une première indication; il arrive, en effet, que sur des exemplaires particulièrement réussis, on rencontre, dans le bourrelet, et même un peu au-dessous, du lévulose en proportion anormale, au point que le suc peut devenir légèrement lévogyre, alors que celui du Soleil franc de pied est toujours fortement dextrogyre. D'où viendrait le lévulose, sinon de l'inuline du greffon qui s'est infiltrée lentement dans le sujet et s'y est transformée en sucre réducteur? Dans certains cas, nous avons même pu mettre en évidence, à proximité du bourrelet, de petites quantités d'inuline qui subsistaient encore à côté du lévulose; à mesure qu'on s'éloigne de la soudure, le suc tend à reprendre sa composition normale.

Mais ce sont les greffes d'*Aster* sur *Artemisia* qui nous ont donné les résultats les plus probants; les espèces *grandiflorus*, *Novi Belgii*, riches en inuline, se prêtent admirablement à ces expériences; elles fleurissent et fructifient également bien sur Topinambour, sur Soleil, sur Absinthe, etc. Le plus souvent, la discontinuité chimique est nettement accusée entre le

---

(1) On acquiert bien vite, dans ces sortes d'expériences, la conviction qu'il importe peu au succès de la greffe que les associés renferment tous deux de l'inuline.

greffon et le sujet, mais dans certains cas, la transition est ménagée ; on trouve, au voisinage du bourrelet, non seulement du lévulose, mais de l'inuline en proportion qui n'est pas négligeable.

Les plantes ne doivent être analysées qu'en fin de saison, alors que l'inuline est abondante ; dans les rameaux en voie de développement, l'inuline fait défaut, les sucres élaborés étant utilisés aussi vite. Nous avons dosé séparément le réducteur, le saccharose, l'inuline (¹) et déterminé le pouvoir rotatoire global [α] de l'ensemble des hydrates de carbone présents dans le sucre.

HYDRATES DE CARBONE POUR 100 DU POIDS FRAIS.

Plantes analysées.	[α].	Réducteur.	Saccharose.	Inuline.
I. — *Helianthus multiflorus sur Helianthus annuus.*				
Helianthus multiflorus......	—22	0	0,64	2,60
Helianthus annuus........	— 4	1,57	1,14	1,30
II. — *Aster Novi Belgii sur Helianthus annuus.*				
Aster.....................	—19	0,246	0,560	3,249
Soleil.....................	+48	0,537	0,944	0
III. — *Aster grandiflorus sur Artemisia Absinthium.*				
Aster.....................	—34	0,326	1,186	7,754
Absinthe.................	+21	0,105	0,207	0
IV. — *Aster Novi Belgii sur Artemisia Absinthium.*				
Aster.....................	—54	0,369	0,862	9,968
Absinthe.................	— 6	0,180	0,296	1,038
V. — *Aster Novi Belgii sur Artemisia vulgaris.*				
Aster.....................	—29	0,750	0,713	6,150
Armoise.................	— 2	0,325	0,123	0,807

Dans ces sortes de greffes, le passage du greffon au sujet comporte donc

(¹) L'inuline est toujours plus abondante dans les rameaux d'*Aster* greffés sur *Artemisia* que dans les tiges autonomes; cela tient à ce que l'*Aster* est insuffisamment approvisionné d'eau par le porte-greffe. Ces phénomènes d'adaptation sont fréquents chez les plantes greffées; nous en avons signalé de remarquables dans les greffes d'*Helianthus* vivaces sur *Artemisia*. Ce sont là simples questions de plus ou de moins dont l'intérêt pratique peut être considérable, mais qui ne mettent pas en cause le chimisme spécifique.

quelques variantes ; généralement, on ne retrouve pas d'inuline dans le porte-greffe et le signe optique du suc change brusquement au niveau de la soudure ; mais il arrive qu'à proximité du bourrelet, le sujet renferme un excès de lévulose et même de petites quantités d'inuline. La discontinuité chimique n'en est pas moins évidente car jamais l'inuline ne se répand très loin ; tout se passe comme lorsqu'on administre, en injection, à une plante autonome une certaine dose d'inuline ; le produit est résorbé plus ou moins vite, plus vite dans la tige du Soleil annuel que dans celle de l'Armoise ou de l'Absinthe ; cela dépend de l'intensité de la circulation et de l'aptitude des tissus à hydrolyser l'inuline.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Variations de la concentration en ions hydrogène sous l'influence de l'assimilation des nitrates par l'*Aspergillus repens *De Bary*. Note de M. **Bach**, présentée par M. Guignard.

L'assimilation des nitrates par un champignon dans un milieu sucré a pour effet de consommer l'ion nitrique et de mettre en liberté la base correspondante. Le milieu doit donc voir sa concentration en ions OH s'élever et celle des ions H s'abaisser. Il devrait rapidement devenir dysgénésique, mais la consommation du sucre s'accompagne souvent d'une production d'acides qui peut contre-balancer cette alcalinisation. La réaction finale sera la résultante de ces deux actions contraires. Les nouvelles méthodes de notation et de mesure de l'acidité en fonction de la concentration en ions $[\overset{+}{H}]$ permettent d'étudier le phénomène avec précision.

L'*Aspergillus repens* De Bary, ancienne espèce nitrophile de Laurent, pousse bien sur milieux nitratés. Je l'ai cultivée sur le milieu suivant, dérivé de celui de Czapeck :

Constante minérale	100^{cm^3}
NaCl	50^g
Saccharose	10
NO^3K	10
Eau q. s. pour	1000^{cm^3}

La constante minérale est une solution à 10 pour 100 de PO^4K^2H, 5 pour 100 KCl 5 pour 100 $SO^4Mg + 7H^2O$. Le chlorure de sodium a été utilisé pour élever la pression osmotique du milieu, car on sait depuis les travaux de Klebbs, confirmés par Mangin, que ce champignon ne pousse bien qu'en présence de hautes pressions osmotiques.

Ce milieu a un P_H égal à 5,6 (déterminé par la méthode des indicateurs de Clark et Lubs). On peut construire sa courbe d'ajustage en notant les valeurs que prend

le P_H quand on ajoute à 10^{cm^3} du milieu de culture des quantités croissantes de solutions alcalines ou acides titrées. La courbe obtenue présente une portion fortement infléchie entre $P_H = 5,6$ et $P_H = 7$, correspondant à l'effet tampon du phosphate de potasse. Le même milieu, additionné de 0,50 pour 100 de citrate de soude, présentera un effet tampon s'étendant jusqu'à P_H 3, que la courbe correspondante met bien en lumière. Ces courbes sont utiles à construire pour comprendre les relations qui existent entre les variations du P_H pendant la culture et l'acidité potentielle mise en jeu.

La zone de croissance de l'*Aspergillus repens* sur ce milieu s'étend de $P_H = 3,5$ à $P_H = 8,4$. La culture, rapide de P_H 3,6 à P_H 6, devient de plus en plus lente quand le milieu est alcalin.

Une première série d'expériences a été faite avec des milieux dont le P_H initial avait les valeurs : 3,6, 4, 4,4, 5, 6, 7, 8 et 8,4.

P_H initial..........	3,6	4	4,4	5	6	7	8	8,4
P_H au 10ᵉ jour......	6,2	6	6,1	6,1	6,2	6,3	6,3	6,6
Récolte au 10ᵉ jour...	0,142	0,148	0,139	0,123	0,095	0,125	0,091	0,044

Ces résultats montrent que les récoltes sont d'autant plus élevées que le P_H initial était plus bas, c'est-à-dire que le milieu était plus acide. Enfin le P_H prend des valeurs remarquablement convergentes dans tous les vases et oscille aux alentours de 6 au 10ᵉ jour.

Les autres nitrates alcalins, sauf le nitrate d'ammoniaque, donnent des résultats du même ordre.

Enfin, si l'on suit, au jour le jour, les variations de la concentration en ions H, on voit que les cultures dont le P_H initial est situé de part et d'autre de la valeur 6, se comportent d'une façon très différente :

1° Les cultures sur milieux acides P_H 3,6 à P_H 6 atteignent la valeur 6 dès le cinquième jour pour une formation de mycélium restreinte, puis la concentration en ions H reste constante ou augmente jusqu'à P_H 5,1.

L'effet tampon du phosphate amortit d'ailleurs l'amplitude des variations. La formation du mycélium reste cependant très active et, si le milieu ne s'alcalinise pas, cela tient à la production d'acides aux dépens du sucre.

2° Les cultures sur milieux neutres ou faiblement alcalins P_H 6 à P_H 8,4, où la culture est d'ailleurs bien plus lente, voient leur concentration en ions H augmenter régulièrement. Ici la production d'acides aux dépens du sucre l'emporte constamment sur l'alcalinisation due à la nutrition azotée.

P_H initial.	2ᵉ j.	3ᵉ j.	4ᵉ j.	5ᵉ j.	6ᵉ j.	8ᵉ j.	10ᵉ j.	12ᵉ j.	15ᵉ j.	20ᵉ j.	Récolte au 10ᵉ j.
3,6.....	4,6	5,1	5,6	6	5,7	5,4	5,4	5,4	5,1	6,8	0,152
6.......	6,2	6,2	6,3	6,25	6,2	5,9	5,2	5,4	5,2	7	0,08
7,3.....	7,3	7,1	6,8	6,8	6,8	6,3	6,3	5,4	5,8	6,8	0,02

3° Des cultures sur milieux additionnés de « substances tampon » comme le citrate de soude donnent des récoltes plus abondantes. La variation du P_H est ici amortie, mais le phénomène conserve le même sens.

P_H initial.	2ᵉ j.	3ᵉ j.	4ᵉ j.	5ᵉ j.	6ᵉ j.	8ᵉ j.	10ᵉ j.	15ᵉ j.	20ᵉ j.	Récolte au 10ᵉ j.
4............	4,1	4,2	4,3	4,8	5,2	5,6	5,6	5,2	5,4	0,308
6............	6,1	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	5,6	»	0,091
7,2..........	7,1	7,2	»	7	7	6,4	»	6,6	5,9	0,052

En résumé, quel que soit le P_H initial du liquide de culture, la concentration en ions hydrogène tend à prendre la même valeur dans tous les cas. Ce fait ne peut être dû qu'à la façon différente dont le champignon utilise le sucre offert : la production d'acides organiques à partir du sucre doit être plus ou moins intense suivant la zone du P_H où l'on se trouve.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Coagulation et tension superficielle.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. Marin Molliard.

Le but de ces recherches est d'établir que *la matière vivante évolue dans le sens d'une coagulation et d'une déshydratation progressives*, cela *par la variation continue de sa tension superficielle.*

Il est aisé de se figurer l'importance de ce fait, car les alcools, certains sels, l'huile, les toxines et venins abaissent la tension superficielle de l'eau et deviennent ainsi les facteurs coagulants du protoplasma. Tout organisme pris au début de la vie est bien plus riche en eau que durant la vieillesse : 85 °/₀ contre 55 °/₀. La diminution s'explique par l'accumulation des agents déshydratants et coagulants, tels les poisons cellulaires.

I. *Expériences de coagulation :* 1° *Cas du lait.* — On opère d'abord sur du *lait de chèvre* trait une heure avant l'expérience, et de densité 1,01.

Dans cinq verres à 40° on met 150^{cm^3} de ce lait et 1^g d'*acide citrique*. Au bout de 45 minutes, on jette sur un filtre (toile serrée) pour séparer le coagulum de la partie liquide, et l'on pèse celle-ci; d'où *le poids du coagulum.* Voici alors *la marche de la coagulation :*

Nos.	Poids Filtrat.	Poids Coagulum.	Temps.	Aspect du coagulum.
1.......	72g	78g,50	45′	Très mou
2.......	77	74,50	60	Plus ferme
3.......	89	62,50	75	De plus en plus ferme
4.......	90	61,50	90	
5.......	91	60,50	105	

Une seconde expérience a donné les *poids de coagulums* : 82 — 65 — 53 — 52 et 50 grammes.

En portant des temps en abscisses et les poids de coagulum en ordonnées, on obtient une *courbe asymptotique*. La vitesse de coagulation a donc une limite, et cette allure asymptotique caractérise les phénomènes vivants, en général les phénomènes *irréversibles*.

Le rôle de l'acide citrique a été d'augmenter la vitesse qui, sans lui, eût obéi à d'autres influences (microbiennes, diastasiques) : 150$^{cm^3}$ de lait, sans addition de coagulant, ont donné en trois jours 12^g seulement d'un coagulum mou et gluant.

2° *Cas de la silice gélatineuse*. — Traitons maintenant le *silicate de soude* liquide par une solution de HCl et jetons sur un filtre en papier. Le coagulum, lavé, présente un aspect blanc bleuté, et la résistance de la bougie. On le laisse sécher dans du papier, et chaque jour on en prend le poids.

Poids initial (le 28 octobre 1923) : 12^g,50. — Pendant 47 jours, ce poids est devenu successivement :

107,50 — 103,50 — 98,50 — 92,50 — 87,50 — 82,50 — 79,50 —
74,50 — 69,50 — 66,50 — 63,50 — 60,50 — 57,50 — 55 —
52,50 — 50,50 — 48 — 45,50 — 43 — 40 — 37 — 34,50 — 32

A ce 25e jour, la déshydratation se ralentit et l'on a par 2 jours :

30 — 27,25 — 25,50 — 23,75 — 21 — 19 — 18 — 17,75 — 17,75,

puis le poids demeure *invariable*.

La courbe de coagulation est ici encore asymptotique : le coagulum s'est peu à peu *rétracté* en abandonnant de l'eau. Une fois bien sec, il a l'aspect et la consistance de l'amidon. Mais, remis dans l'eau, il ne reprend pas l'état gélatineux.

Dans une autre expérience, le poids initial étant 14^g,50, on a noté en 9 jours :

10,50 — 9 — 8 — 7 — 6 — 5 — 4 — 3,50 — 3,50.

En moyenne, l'eau perdue représente 80 % du coagulum. Ainsi, *la matière se rétracte lentement sous l'empire de forces intérieures, et rejette son eau.*

II. *Rôle des coagulants : ce sont des abaisseurs de la tension superficielle.* — Ce *travail de coagulation* est effectué par la tension superficielle diminuée par les agents coagulants.

1° *Lait de chèvre.* — Dans cinq verres contenant chacun 150$^{cm^3}$ de lait frais, on ajoute 1^g de chlorures de Na, Ca, K, 2$^{cm^3}$ d'alcool éthylique, et rien dans l'un des verres. Cinq jours après on filtre sur toile :

Coagulants.	Poids du filtrat.	Poids du coagulum.	Aspect du coagulum.
Chlorure de sodium....	114^g	36^g	Mou, rejetant un liquide aqueux
» de calcium...	110	40	
» de potassium..	108	42	
Alcool éthylique.......	91	59	Fluide à demi, rejetant un liquide laiteux
État naturel..........	57	93	

Les sels, puis l'alcool ont donc *accéléré* la coagulation du lait.

2° *Silice gélatineuse.* — Dans des verres contenant 15$^{cm^3}$ de silicate de soude on ajoute 1$^{cm^3}$ d'*huile d'arachides*, 1^g de chlorures de Ca, K, le 4e verre ne recevant rien. Puis on verse dans chacun 75$^{cm^3}$ d'une solution chlorhydrique à 2,50 %, l'expérience m'ayant montré que c'est l'*acidité minimum* pour qu'il y ait une bonne « gélatinisation » de la silice. Le coagulum par l'huile a l'aspect de pommade blanche; il est très résistant. Ceux à chlorures ressemblent à de la neige et sont translucides. Le dernier (4e) est bleuté et moins cohérent. Et tandis que le *coagulum à huile abandonne vite son eau*, les autres conservent un état gélatineux où l'eau est emprisonnée.

Au bout de quinze jours ceux-ci n'ont pas varié, mais le premier est semblable à la paraffine.

Prélevons de celui-ci et du coagulum normal deux copeaux de 29^g [(I) et (II)] et laissons-les sécher sous enveloppe de papier. Ils perdent leur eau et durcissent en suivant une marche asymptotique. On a :

(I) 15,50 — 8,50 — 6,50 — 6 — 6 grammes
(II) 12 — 5,50 — 4,50 — 4,50 — 4,30 grammes

L'aspect du premier est opaque et très dur, celui du deuxième a la transparence et la dureté du quartz. Eau perdue : 80 pour 100.

L'addition de 1$^{cm^3}$ *d'alcool* agit comme l'huile.

3° *Les coagulants abaissent la tension superficielle de l'eau.* — Mesurons,

d'autre part, la *tension superficielle* de l'eau et l'effet des divers coagulants. Par la « méthode des hauteurs d'ascension dans un tube capillaire » je trouve à 15°,50 :

Eau distillée pure A	A =	73 mg : cm
Solution à $\frac{1}{150}$ de Na Cl		63 »
Solution à $\frac{1}{150}$ de Ca Cl^2		65 »
Solution à $\frac{1}{150}$ de K Cl		66 »
Solution alcoolique à $\frac{1}{150}$		56 »
Alcool pur		33 »
Huile d'arachides		52 »
Solution à $\frac{1}{150}$ d'acide citrique		65 »

Donc : *La coagulation est l'effet d'une chute de la tension superficielle du milieu par la présence de corps coagulants; sa vitesse est proportionnelle à cette chute*. Et, en résumé :

La matière, principalement vivante, évolue dans le sens d'une coagulation et d'une déshydratation croissantes sous l'empire des agents qui abaissent sa tension superficielle. Par là, le phénomène de la *vieillesse* est surtout un phénomène *physico-chimique. Mais est-il fatal?* C'est ce que des expériences en cours tentent d'élucider.

BIOLOGIE. — *Sur la participation d'une peroxydase à l'apparition du pigment chez la* Drosophila melanogaster *Loew*. Note de M. DE LUNA, présentée par M. Henneguy.

Au cours de recherches que nous avons entreprises au point de vue héréditaire sur la Mouche de vinaigre, *Drosophila melanogaster* Loew, notre attention a été attirée par la rapidité avec laquelle le pigment apparaît sur l'imago de ce Diptère. Blanc jaunâtre un peu avant d'abandonner l'enveloppe nymphale, l'insecte, en moins de 1 heure, devient pigmenté au thorax et à l'abdomen. Sur l'abdomen, le pigment est disposé sous forme de franges ou d'anneaux; l'extrémité postérieure est complètement noire chez le mâle.

D'accord avec l'opinion de M. M. Prenant (1) qui considère que les

(1) MARCEL PRENANT, *Sur la répartition d'une peroxydase chez les Invertébrés* (*Bull. Soc. Zool. de France*, t. 46, 1921, p. 148); *Sur une technique de coloration des vaisseaux* (*Ibid.*, t. 46, 1921, p. 140); *Sur les localisations cytologiques d'une peroxydase et sur sa présence dans des cellules sexuelles* (*C. R. Soc. Biol.*, t. 85,

peroxydases offrent de grandes analogies avec les pigments, et ne seraient que des pigments non réalisés par manque d'accepteur, nous pensons qu'une peroxydase peut intervenir dans l'apparition rapide du pigment chez *Drosophila*.

Notons d'abord que la pigmentation est fonction de la température pour une quantité constante d'oxygène et de peroxydase; mais nous ignorons actuellement le mode d'action de cette peroxydase. Ainsi, à la température de 15° C., la pigmentation met plus de 2 heures à apparaître; de 20° à 23° C., elle se réalise approximativement au bout de 45 minutes; à 37° C., elle est complète au bout de 15 à 20 minutes. Nous n'avons pas étudié l'action de températures supérieures à 37° C. incompatibles avec la vie de l'insecte.

Les anesthésiques, éther, chloroforme, retardent l'apparition du pigment. On peut supposer que l'anesthésique exerce une action directe, une paralysie des peroxydases; ses vapeurs empêchant la fixation de l'oxygène sur l'accepteur qui agit alors comme leucobase.

Des imagos placées pendant plusieurs heures dans un milieu anaérobie, obtenu par formation de pyrogallate de potasse, ont conservé le même aspect, presque incolore, quelles présentaient en quittant l'enveloppe nymphale.

La recherche des peroxydases a été faite à l'aide de la diméthylparaphénylènediamine et du naphtol α (méthode de Rohmann et Spitzer) et de la benzidine et de l'eau oxygénée. La réaction de l'indophénol peut induire en erreur relativement à l'interprétation des résultats, puisque sa formation, indiquée par la coloration bleue, peut se produire sans l'intervention d'aucune oxydase. En effet, comme l'ont bien montré MM. N. Fiessinger et L. Roudowska (¹), la seule exposition à l'air et à la lumière suffit pour la formation d'indoaniline. Mais on peut cependant tenir compte des résultats obtenus par cette méthode, car ils sont concordants avec ceux que donnent la benzidine et l'eau oxygénée.

La réaction du bleu de naphtol se produit, sur des imagos dissociées

---

5 novembre 1921, p. 808); *Sur les ferments oxydants nucléaires et cytoplasmiques et sur leur importance physiologique* (*Ibid.*, t. 87, 28 octobre 1922, p. 972); *Sur l'apparition de l'hémoglobine dans les hématies des Vertébrés* (*Ibid.*, t. 85, 19 novembre 1921, p. 914).

(¹) NOEL FIESSINGER et ROUDOWSKA, *La réaction microchimique des oxydases dans les tissus humains* (*Arch. Méd. Exp. Anat. Path.*, t. 24, septembre 1912).

grossièrement, surtout au niveau de l'hypoderme du thorax et de l'abdomen et d'une manière intense sur l'extrémité postérieure du mâle. On observe au contraire aucune réaction avec les pattes de l'imago. La réaction de la benzidine et de l'eau oxygénée employée pour des imagos également dissociées donne les mêmes résultats, mais avec plus de précision, et, selon nous, mérite plus de confiance que la réaction du naphtol α.

Des faits que nous venons d'exposer, nous croyons pouvoir tirer les conclusions suivantes :

1° Il intervient dans la pigmentation de *Drosophila* une peroxydase.

3° La répartition de cette peroxydase est la même que celle du pigment ; elle manque dans les régions qui conservent la même coloration que chez la nymphe ou qui se pigmentent seulement très peu.

3° Les quantités d'oxygène et de peroxydase restant constantes, l'apparition du pigment est fonction de la température.

4° Les anesthésiques retardent la fixation de l'oxygène sur l'accepteur incolore.

Des recherches ultérieures sont nécessaires pour déterminer l'origine chimique de la leucobase.

CYTOLOGIE. — *L'origine de fibrilles réticulaires.*

Note de M. **L.-M. Bétancès**, présentée par M. Henneguy.

Plusieurs auteurs qui ont eu l'occasion d'obtenir par dissociation des cellules hémohistoblastiques et qui les ont colorées par le May-panchrome, ont constaté dans le cytoplasme de ces cellules de fines granulations et de fins filaments colorés en rouge vif. Ces structures ont été appelées formations ergastoplasmiques ou mitochondries, ou bien on s'est contenté de les nommer simplement filaments azurophiles. J'ai obtenu également ces filaments cytoplasmiques dans les cellules réticulaires et connectives à un stade fœtal avancé et chez un certain nombre d'Invertébrés. Je les ai nommées moi aussi formations ergastoplasmiques, mais je n'ai pas osé les considérer comme des mitochondries malgré leur aspect morphologique, car il a été dit que la méthode employée dans ce cas n'est pas propre à la coloration de ces structures. D'autre part, les figures 2, 3 et 4 de la planche I d'un récent travail de Downey (¹) où sont représentées les fibrilles colorées en rouge

(¹) Downey, *Hæmatologica*, vol. 3, fasc. 5, 1922.

vif après emploi d'une méthode de coloration combinée par l'argent, l'hématoxyline de Mallory, le chlorure d'or, la résorcine et le May-Giemsa, et les préparations que je possède aujourd'hui faites par la méthode de Del Rio Hortega m'ont rappelé les structures que j'ai obtenues sur des préparations de rate et de foie de fœtus humains de trois à quatre mois, de fœtus assez développés de Souris, de Souris adultes, de tissu mésenchymateux d'embryons assez avancés d'Écrevisse et de quelques Invertébrés adultes. Il me paraît maintenant presque certain que ces structures fibrillaires que j'ai obtenues colorées en rouge vif, qui résistent à l'acide acétique, et qui s'obtiennent plus fréquemment après une fixation intensive et une post-chromisation, ou peut-être aussi à la suite d'une sorte de mordançage par l'éosine de l'éosinate d'azur, sont de véritables fibrilles réticulaires pré- ou plutôt paracollagènes. L'intérêt de ma constatation réside surtout en ce que j'ai pu obtenir des images qui me paraissent représenter nettement les phases de la différenciation de ces granulations et filaments intraprotoplasmiques des hémohistoblastes, plus ou moins évolués, vers la fibrille. Ces fines granulations et filaments qui se rencontrent sur des prolongements cytoplasmiques de la cellule ou sur une portion du périplasme diffus, ou encore sur un segment cytoplasmique et jusqu'au noyau des cellules en question, deviennent une fibrille ou, au moins, précèdent la différenciation du segment cytoplasmique, où elles se rencontrent, en fibrille. Ces faits confirment donc en partie l'hypothèse de Flemming, de Hansen, etc., et celle de Schwann, Zachariadès, etc., sur la formation des fibrilles.

La séance est levée à $15^{h}25^{m}$.

É. P.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 FÉVRIER 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *Les laves analcimiques de l'Afrique du Nord et, d'une façon générale, la classification des laves renfermant de l'analcime.* Note de M. A. LACROIX.

Pendant longtemps, les lithologistes ont été unanimes à penser que les laves ne peuvent renfermer comme minéraux magmatiques que des minéraux anhydres. Cette conviction a fait considérer comme *leucite*, dans les laves à facies basaltique, tout minéral cubique, peu réfringent, à formes trapézoédriques nettes ou seulement indiquées par des inclusions disposées en couronnes concentriques. Des constatations chimiques récentes ont montré que de tels cristaux sont parfois constitués, non par un minéral potassique, mais par une zéolite sodique, l'*analcime*; dans ce cas, se présentent à l'esprit deux hypothèses explicatives : ou bien le minéral est d'origine primaire, comme dans les laves du Monte Ferru en Sardaigne (1), ou bien l'analcime résulte de la transformation (par hydratation et par substitution de la soude à la potasse) de leucite, comme cela a lieu dans les laves de Trébizonde (leucittéphrites et leucitites) (2) dans ce cas l'origine secondaire de l'analcime est prouvée par l'existence de restes de leucite non transformée et par l'abondance d'une zéolite potassique, la christianite.

Quoi qu'il en soit, il est nécessaire de reprendre l'étude de toutes les

(1) M. H. S. WASHINGTON, *The Analcite Basalts of Sardinia* (*J. of Geology*, t. 22, 1914, p. 742).

(2) A. LACROIX, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 637.

roches à leucite dont la nature n'a pas été précisée par des analyses chimiques. C'est cette considération qui m'a conduit à étudier les laves de la région d'Aïn Temouchent (Oran), définies jusqu'ici comme leucittéphrites. Signalées par MM. Curie et Flamand ([1]), elles ont été décrites plus tard par notre confrère M. L. Gentil, dans la belle étude ([2]) consacrée par lui aux volcans pléistocènes des Oulad ben Adda. Ces trois savants m'ont confié leurs matériaux; d'autre part, M. Charcot, lors de la récente croisière du *Pourquoi-Pas?*, a touché à l'île Rachgoun, située à l'embouchure de la Tafna, pour permettre à M. L. Dangeard de m'y recueillir une collection de roches.

Les laves des Oulad ben Adda ont un facies basaltique; elles sont plus ou moins riches en cristaux d'augite et d'olivine, leur pâte est constituée par des microlites d'augite, de plagioclase, de magnétite, accompagnés par les cristaux globuleux en litige.

Sur la description générale de ces roches, il n'y a rien à ajouter à ce qu'a écrit M. Gentil; je ne m'occuperai que du minéral cubique. La mesure de son indice de réfraction par la méthode de l'immersion donne comme valeur maximum 1,495, nombre plus élevé que celui de l'analcime des îles Cyclopes (1,488), mais inférieur à celui de la leucite (1,508 en moyenne). Le minéral ne peut être isolé en raison de ses petites dimensions, aussi les essais chimiques ont-ils été faits sur la roche pulvérisée qui a été traitée à froid par l'acide chlorhydrique dilué, de façon à n'attaquer que l'analcime; la teneur des alcalis dissous, rapportée à 100 parties de la roche, est :

	Na^2O.	K^2O.
Djebel Guerrien	5,11	0,76
Ben Ganah	4,07	0,72

Ces résultats, joints à la teneur en eau indiquée dans les analyses données plus loin, confirment le diagnostic de l'analcime; les proportions relatives de la potasse et de la soude sont de l'ordre de celles observées dans beaucoup d'analcimes.

Les laves des volcans de la basse Tafna et de l'île Rachgoun que j'ai examinées ont la même composition minéralogique que les précédentes; les cristaux distincts d'analcime n'y sont pas rares, mais ils manquent plus souvent que dans celles-ci; l'analcime forme alors des plages irrégulières sans inclusions. Les analyses données plus loin, effectuées par M. Raoult, montrent une remarquable similitude chimique des laves de ces différents gisements et en particulier une haute teneur en soude, la pauvreté en potasse, une teneur élevée en eau pour des roches aussi fraîches.

([1]) J. Curie et G. Flamand, *Étude succ. sur les roches érupt.*, Alger, 1890, p. 87.
([2]) L. Gentil, *Esqu. stratigr. et paléont. Bassin Tafna*, Alger, 1902, p. 467.

Une particularité doit être notée ; les deux roches 3 et 4 sont semblables au point de vue chimique, mais elles présentent des différences minéralogiques importantes. 3 renferme de l'augite et de l'olivine en abondance, 4 contient moins d'augite, pas d'olivine, mais beaucoup de hornblende ; c'est une roche à facies lamprophyrique, constituant un bloc dans des amas de scories ; les relations mutuelles de ces deux laves sont celles que j'ai signalées en Auvergne entre une roche andésitique de coulée (Volvic) à amphibole en voie de résorption ou détruite et les blocs à facies lamprophyrique du cratère (la Nugère) dont sont parties ces coulées. A un autre point de vue, il faut noter que dans ces laves la potasse n'est pas exprimée dans un minéral spécial, sauf pour 2 qui renferme des phénocristaux d'orthose sodique.

Ces laves sont, d'après leur teneur en minéraux colorés, à la limite des *téphrites* et des *basanites*, je les qualifie d'*analcimiques;* l'analcime y joue le rôle de la néphéline dans les téphrites et les basanites normales ; je réserve le qualificatif d'*analcimisées* aux roches dans lesquelles l'analcime a une origine non magmatique. Au point de vue chimique, ces basanites sont analogues à celles de Sardaigne, auxquelles il a été fait allusion plus haut, mais celles-ci ne renferment pas de plagioclase exprimé, le feldspath est à l'état potentiel dans l'augite ou dans du verre. Ces roches constituent donc une forme *cryptomorphe* (1) de basanite *analcimique*, une forme d'épanchement, minéralogiquement comparable, sous la réserve de l'absence d'amphibole, aux monchiquites filoniennes. Je les désigne sous le nom de *scanoïte*, emprunté à celui de leur gisement principal. Cette forme existe aussi en Algérie (Ben Ganah).

Téphrites analcimiques.		
1. Dj. Zouanif. Basse Tafna.......	II.5'.2'.4'['3.3.2.1(2)]	
2. I. Rachgoun..................	II'.'6.2(3).4(5)[2(3).1.'3.2'(3)]	
3. Id.	II'.6.2(3).4(5)[2(3).1(2).2(3).2]	
4. Id. (lamprophyrique)...	II'.6.3.4(5)['3.1(2).2(3).2]	
Basaltes analcimiques.		
5. Djebel Guerrien...............	II(III).6.2.4(5)[2'.1.3.2]	
6. Ben Ganah....................	II(III).6.'3.4(5)[(2)3.1.'3.2']	
Scanoïtes.		
7. Scano, Monte Ferru (Sardaigne).	III.(5)6.2.'5[2.3.2.2]	(Washington)
8. Bonorva —	III.6.2.4'[2.2.2.2]	(Washington)

(1) J'appelle *cryptomorphes* les roches semi-cristallines dans lesquelles le minéral caractéristique du groupe auquel elles appartiennent par leur composition chimique n'est pas exprimé, les rhyolitoïdes, dellénitoïdes, dacitoïdes dans lesquelles la silice libre ne se manifeste pas à l'état de quartz sont des formes cryptomorphes des rhyolites, des dellénites, des dacites ; les basanitoïdes, les limburgites dans lesquelles la néphéline reste à l'état potentiel sont des formes cryptomorphes des basanites.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
SiO^2....	50,56	46,92	46,18	44,84	48,02	45,68	44,85	46,54
Al^2O^3...	17,84	17,67	18,66	18,64	17,04	17,83	12,55	12,68
Fe^2O^3...	3,74	5,67	7,00	7,38	5,75	6,91	3,33	3,41
FeO....	4,83	3,16	2,52	2,18	2,83	2,99	5,30	5,29
MgO...	2,52	3,13	4,07	3,96	3,52	3,74	10,27	10,09
CaO....	6,26	8,66	8,48	8,84	9,68	10,32	8,32	8,00
Na^2O...	5,83	5,85	6,17	5,61	6,70	5,43	4,77	5,11
K^2O.....	1,98	1,43	1,55	1,47	1,85	1,17	0,72	1,64
TiO^2....	1,64	2,52	1,90	2,21	2,36	2,82	5,07	3,98
P^2O^5....	0,62	0,32	0,54	0,37	0,62	0,41	1,17	0,91
H^2O (+).	2,53	3,25	2,48	3,10	1,77	2,12	2,01	2,35
» (—).	1,56	1,76	0,45	1,44	0,32	0,64	0,95	0,25
MnO....	0,07	0,14	0,05	0,20	tr.	0,13	0,07	n. d.
	100,12 (1)	100,48	100,05	100,24	100,46	100,19	99,61 (2)	100,25

(1) CO^2 0,14. (2) NiO 0,23.

Il me reste à m'occuper d'une roche que je dois à M. L. Gentil qui l'a recueillie dans le cratère du Djebel Messila au Maroc; elle possède la même composition qualitative que la scanoïte, mais elle renferme en abondance de larges lames de biotite bronzée. Elle doit être comparée à la lave de Ghizy et du Mont Columbargiu (Monte Ferru). Sauf une transformation partielle en bowlingite des cristaux d'olivine, assez rares d'ailleurs, cette roche, elle aussi, est remarquablement fraîche; les cristaux globuleux d'analcime y sont nets et abondants; l'attaque par l'acide chlorhydrique, à froid, a donné Na^2O 2,66; K^2O 0,80. L'analyse de la roche montre une teneur en alcalis plus petite que dans les basanites et le calcul ne met en évidence que des traces de néphéline virtuelle; il s'agit donc d'un basalte et non point d'une basanite, l'analcime y est réactionnelle (1). Pour distinguer ce type lithologique, j'emploie le terme de *ghizite* proposé par M. Washington pour la roche sarde, mais je précise sa signification : forme cryptomorphe de *basalte analcimique*.

Ghizites. 9. Djebel Messila......... 'III.5.3.4[2(3).'2.2'.2] M. Raoult
10. M. Columbargiu....... III.5'.(2)3.(4)5.[3.2.2.2] M. Washington

	9.	10.		9.	10.
SiO^2...........	44,02	44,37	TiO^2.........	3,39	5,21
Al^2O^3..........	14,26	11,36	P^2O^5.........	0,62	0,99
Fe^2O^3..........	8,19	7,23	H^2O (+).....	2,57	3,28
FeO............	3,04	3,49	» (—).....	1,59	1,95
MgO...........	6,26	9,28	MnO..........	0,10	»
CaO...........	10,06	8,50	Cl............	0,05	»
Na^2O..........	3,33	3,67	F.............	0,15	»
K^2O...........	1,51	0,74			
				100,14	100,07

(1) A. Lacroix, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 363.

En ce qui concerne ces roches de l'Afrique du Nord, les arguments abondent pour prouver que l'analcime y est d'origine magmatique; les échantillons étudiés ont été recueillis dans les conditions géologiques les plus diverses : coulées, filons, blocs consolidés en profondeur (type lamprophyrique), scories constituant des agglomérats non cohérents; tous cependant sont hydratés, de composition uniforme, et cela serait incompréhensible, si, pour expliquer la teneur en eau, il fallait faire intervenir des phénomènes d'altération que dément d'ailleurs la fraîcheur de ces laves, d'âge relativement récent. Un autre argument est tiré de la nature de leurs enclaves homœogènes; si, comme au Monte Ferru, les nodules à olivine et à augite, qui n'ont pas de signification au point de vue discuté ici, abondent dans les volcans des Oulad ben Adda, ils sont accompagnés par des nodules à hornblende et par des cristaux libres d'orthose sodique qui, eux, ont de l'importance à notre point de vue; à Rachgoun et dans la Basse Tafna, il existe des enclaves grenues feldspathiques, des *microtinites* micacées et amphiboliques. Ces diverses roches sont plus sodiques que potassiques, à l'exception de l'une d'elles, où d'ailleurs l'excédent de potasse sur la soude est très faible. Or, l'observation m'a montré que dans les volcans leucitiques (Vésuve, Latium) le caractère potassique du magma se maintient et même s'accentue dans les roches grenues ramenées de la profondeur, il faut donc conclure que le magma des Oulad ben Adda n'est pas potassique.

Bien que je ne veuille pas discuter ici, en détail, la question de ces enclaves, je noterai que la microtinite 11 peut être comparée à une forme grenue de la ghizite de Messila, un peu plus riche seulement en feldspath. La microtinite plus micacée 12 peut être regardée comme une forme grenue de basanite, hétéromorphe d'essexite, plus potassique que la lave épanchée. Ces roches ne renfermant que peu d'eau ont cristallisé en profondeur, en présence de minéralisateurs qui ont rendu possible la formation de biotite. Quant aux nodules à biotite et hornblende, ils ont la composition de certaines ankaratrites et rappellent les bombes des Maare de l'Eifel. La sanidinite et les grands cristaux isolés de sanidine des tufs correspondent aux termes de différenciation les plus riches en potasse du magma, mais, là encore, il y a prédominance pondérale de la soude sur la potasse.

Microtinites de Rachgoun.	11.	leucocrate	II.5.3'.4
	12.	mésocrate	'III.6.2'.(3)4
Sanidinite —	13.		I.5.'2.(3)4
Nodule à hornblende et biotite. —	14.		(III) IV [7.3'.3']2.(2)3.2.1(2)
» Gemünde Maar.	15.		IV[7.3.3']'2.3.2.(1)2

	11.	12.	13.	14.	15.
SiO^2	52,26	45,38	64,62	42,04	42,16
Al^2O^3	19,82	15,68	20,54	12,04	8,20
Fe^2O^3	3,89	9,56	1,02	7,26	4,80
FeO	2,97	1,63	0,21	2,94	5,15
MgO	3,35	5,04	»	16,18	19,58
CaO	8,98	9,48	1,94	12,92	13,70
Na^2O	3,93	4,12	5,95	1,80	1,39
K^2O	1,38	3,45	5,40	2,01	1,61
TiO^2	1,59	3,98	tr.	2,52	2,61
P^2O^5	0,25	0,43	0,05	0,19	0,13
H^2O (+)	0,91	0,47	0,37	0,34	0,25
» (—)	0,65	0,35	0,05	»	0,27
MnO	0,11	0,19	»	0,19	»
	100,09	100,18 (1)	100,15	100,43	100,12 (2)

(1) F 0,42. (2) CO^2 0,27.

Comme conclusion d'ordre plus général, cette étude conduit à systématiser la classification des laves à facies basaltique renfermant de l'analcime; je ne pense pas qu'il y ait lieu d'en faire un groupe spécial, parallèle de celui des roches à néphéline; il est préférable de les considérer comme un cas particulier de celles-ci, dont elles ne diffèrent qu'en ce que la richesse en eau du magma a permis la cristallisation, à basse température, de l'analcime comme produit ultime de la consolidation, substitué à la néphéline.

Deux divisions parallèles doivent être établies parmi ces roches à analcime primaire; la première comprend les *basaltes analcimiques*, types doliomorphes de basaltes normaux, que caractérise l'association de microlites de plagioclases et d'analcime et un type cryptomorphe ne contenant que l'analcime en fait d'élément blanc; c'est la *ghizite*. Dans l'un et l'autre cas, l'analcime est *réactionnelle*; elle n'est pas mise en évidence par le calcul conduit sous la forme habituelle.

La seconde division, qui est la principale, comprend les *basanites analcimiques*, ne se distinguant des basanites normales que par la substitution de l'analcime à la néphéline et un type cryptomorphe, la *scanoïte*, ne contenant que de l'analcime, en fait d'élément blanc. Dans l'un et l'autre cas, la présence de l'analcime est mise en évidence par le calcul sous forme de néphéline virtuelle.

Toutes les laves à analcime actuellement connues peuvent trouver leur place dans ces diverses catégories, soit que l'analcime s'y trouve, comme dans l'Afrique du Nord ou en Sardaigne, à l'état de cristaux globuleux à inclusions concentriques, soit qu'elle y forme des plages intersertales

dépourvues de forme régulière et d'inclusions. On peut aussi considérer de la même façon, en les rapportant aux gabbros ou aux théralites, des formes doléritiques ou ophitiques (*teschénites*, *crinanites*) conduisant à des roches grenues (*bekinkinites*, *lugarites*), dont beaucoup, il faut le reconnaître, sont, sans doute, des roches *analcimisées* plutôt qu'*analcimiques*.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *De la simultanéité de deux effets toxiques contradictoires (accoutumance et anaphylaxie) sur la même cellule.* Note de

M. **Charles Richet**, Mlle **Eudoxie Bachrach** et M. **Henry Cardot**.

Dans deux Notes présentées à l'Académie ([1]), nous avons démontré qu'en faisant végéter un microbe (ferment lactique) dans des milieux toxiques, on voyait, suivant la dose et la nature du poison, croître ou décroître la sensibilité de la cellule microbienne à ce poison. Mais nous n'avons pas insisté suffisamment sur ce fait remarquable qu'*une même cellule* peut simultanément être sensibilisée à un poison et accoutumée à un autre.

Le fait nous a paru assez important (et paradoxal) pour exiger répétition et confirmation.

Nous avons pris pour poison accoutumant l'arséniate de potasse et pour poison anaphylactisant soit le bichlorure de mercure soit le sulfate de cuivre.

Expérience I. — Nous avons cultivé le même ferment d'une part sur un milieu de culture contenant à la fois du sulfate de cuivre et de l'arséniate de potasse ($CuSO^4$ à 0,0075 pour 1000 et K^3AsO^4 à 0,05 pour 1000); d'autre part sur le même milieu ne contenant ni sulfate de cuivre, ni arséniate de potasse.

Alors nous avons vu que le bacille lactique : 1° était sensibilisé à $CuSO^4$; 2° était accoutumé en même temps à K^3AsO^4.

La durée de la culture sur milieu mixte (contenant $CuSO^4$ et K^3AsO^4) a été de 11 jours. Au bout de ce temps, la résistance de la souche vis-à-vis de chacun des deux toxiques a été déterminée et comparée à celle de la souche témoin. C'est-à-dire qu'on a ensemencé parallèlement les deux souches sur des milieux renfermant des doses fortes d'arséniate de potasse ou de sulfate de cuivre. Au bout de 24 heures de culture à l'étuve, les dosages ont donné les résultats suivants :

([1]) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 345 et 842.

L'acidité développée par le ferment témoin sur milieu toxique supposée

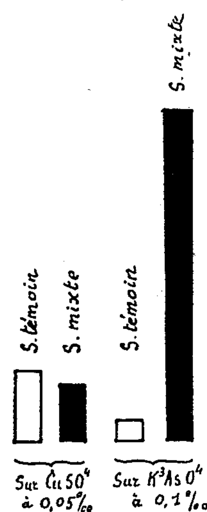


Fig. 1.

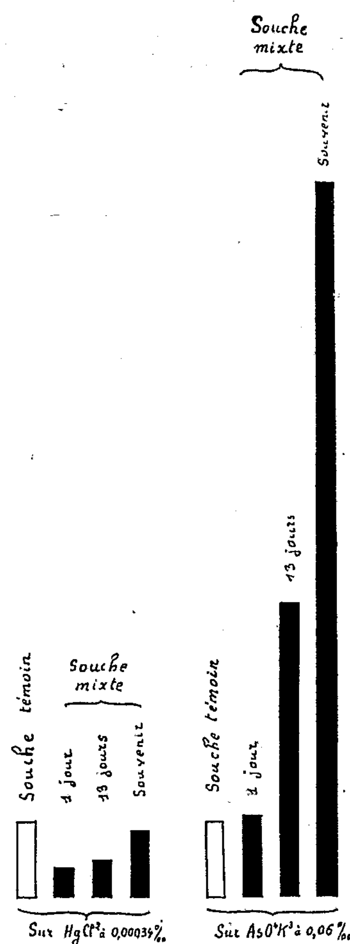


Fig. 2.

Fig. 1. — Pour chaque souche, la hauteur des rectangles est proportionnelle au croît. On voit que la souche mixte pousse moins sur $CuSO^4$ que la souche témoin (anaphylaxie), et au contraire pousse beaucoup mieux que le témoin sur K^3AsO^4 (accoutumance).

Fig. 2. — Mêmes indications que pour la figure précédente. La souche mixte est sensibilisée à $HgCl^2$ et accoutumée à K^3AsO^4. Or cette double modification persiste après retour sur milieu non toxique. C'est ce que nous avons appelé le *souvenir*.

égale à 100, l'acidité de la souche témoin sur le même milieu toxique a été :

	Sur $CuSO^4$ à 0,05 pour 1000.	Sur K^3AsO^4 à 0,1 pour 1000.
Souche mixte..................	80	1540

Ces nombres, qui représentent chacun les moyennes des dosages de cinq cultures, — le graphique (*fig.* 1) les résume sous une autre forme — montrent bien la simultanéité des deux phénomènes : la même souche est à la fois sensibilisée au sulfate de cuivre et accoutumée à l'arséniate de potasse.

Expérience II. — La seconde expérience porte toujours sur le même poison accoutumant qui est l'arséniate de potasse, mais le toxique sensibilisant est ici le bichlorure de mercure. La résistance de la souche cultivée sur le milieu mixte (contenant $HgCl^2$ et K^3AsO^4) a été déterminée vis-à-vis de chacun des deux poisons au bout de 1 jour de culture et au bout de 13 jours. En comparant les résultats obtenus avec ceux que fournit la souche témoin, on a encore constaté que la souche mixte était à la fois sensibilisée au bichlorure de mercure et accoutumée à l'arséniate de potasse. Nous avons recherché alors si cette double propriété persistait lorsque la souche mixte était remise pendant un certain temps sur le milieu témoin; c'est-à-dire que les mêmes essais que précédemment ont été faits 4 jours après le retour sur le milieu témoin. Les résultats peuvent être présentés d'une façon très claire et très explicite si l'on fait toujours égal à 100 le croît de la souche témoin sur le milieu toxique utilisé : on obtient alors pour la souche mixte les croîts relatifs suivants [voir graphique ci-contre (*fig.* 2)] :

	Sur $HgCl^2$ à 0,00034 pour 1000.	Sur K^3AsO^4 à 0,06 pour 1000.
Après 1 jour..............	39	108
Après 13 jours............	47	390
Après retour sur milieu témoin (souvenir).........	86	940

Ces expériences nous prouvent la complication vraiment extraordinaire des réactions cellulaires, puisque, par de petites doses de toxiques, on peut simultanément développer dans une masse minuscule de protoplasme deux propriétés antagonistes et dont le sens est contradictoire, la même cellule étant en même temps sensibilisée à certains poisons et accoutumée à d'autres.

Et, pour accroître encore la complication, cette simultanéité, d'apparence contradictoire, est héréditaire.

GÉOLOGIE. — *Le bassin hydrominéral de Saint-Nectaire (Puy-de-Dôme); ses dislocations et son cadre volcanique.* Note de M. **Ph. Glangeaud.**

La station thermale de Saint-Nectaire (Puy-de-Dôme), bâtie sur le granite, compte plus de 50 sources chaudes et froides émergeant sur les bords de la basse vallée du Fredet. Elle est culminée de toutes parts par des restes de volcans miocènes (Puys d'Eraignes, de Mageyres, de Boissières, etc.), qui lui constituent un cadre pittoresque et original, cependant qu'au sud s'étend un long plateau de formations volcaniques variées pliocènes (Plateau de Sailles, 940^m) issues du Massif voisin des Monts Dore.

Failles topographiques volcaniques et hydrothermales. — On pensait jusqu'ici que le territoire de Saint-Nectaire qui a fait l'objet d'observations de Michel Lévy, et de M. J. Giraud ne comprenait qu'un compartiment granitique surélevé par rapport à deux autres compartiments oligocènes (Sannoisien) effondrés qui l'encadrent à l'E et à l'O.

En réalité, ce compartiment, qui a possédé jadis lui-même une couverture de Sannoisien de 200^m de puissance, a été fortement disloqué par deux séries de *failles conjuguées grossièrement orthogonales*, de direction générale NS. et EO. ayant *fragmenté* toute la région.

La distribution et la multiplicité des sources minérales, la situation des volcans et tous les caractères topographiques traduisent l'empreinte de cette tectonique et de ce morcellement.

Il n'est pas jusqu'aux quatre tronçons orthogonaux de la vallée du Fredet qui ne soient sous cette dépendance.

Les fragments de *couverture oligocène* plaqués contre les lèvres surélevées des failles, montent successivement, sur 2^{km} de l'E à l'O, de plus de 250^m, ce qui donne la mesure du mouvement relatif des divers compartiments granitiques dans cette région.

Les failles sont ici, souvent à la fois, topographiques (avec escarpement marqué), volcaniques et hydrothermales.

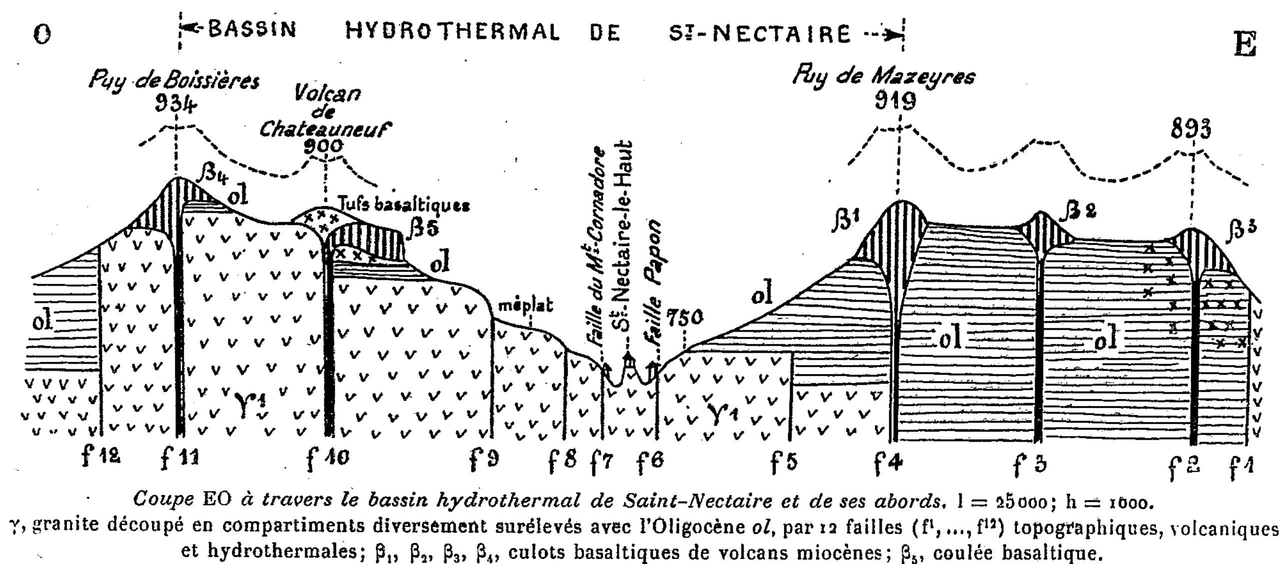
Il y a donc, à Saint-Nectaire comme à la Bourboule et en beaucoup de points du Massif Central, une liaison étroite entre les éruptions volcaniques et les venues hydrominérales.

Le bassin est limité à l'Est et à l'Ouest par deux compartiments NS argilo-sableux et marneux *étanches* jalonnés par des failles bordières f^4, f^{12} ne renfermant pas pour cette raison de sources minérales; celles-ci étant localisées exclusivement dans les points bas du territoire granitique qui

constitue comme une hernie à travers l'Oligocène. Ce dispositif a grandement favorisé la montée du gaz carbonique et des eaux minérales par les failles intéressant le granite dont quelques-unes sont des plus typiques.

Je citerai notamment parmi les failles NS :

1° *La faille Boette et Cézaire* (f^5) du nom des deux sources chaudes (36°



Coupe EO à travers le bassin hydrothermal de Saint-Nectaire et de ses abords. l = 25000; h = 1000.
γ, granite découpé en compartiments diversement surélevés avec l'Oligocène *ol*, par 12 failles (f^1, ..., f^{12}) topographiques, volcaniques et hydrothermales; β_1, β_2, β_3, β_4, culots basaltiques de volcans miocènes; β_5, coulée basaltique.

et 41°, 5) qui alimentent l'établissement des Thermes et émergent par cette fracture.

2° *La faille Papon* (f^6), qui jalonne les sources les plus chaudes et les plus abondantes de la station [sources Edmond, Madeleine, Michel, etc. (temp. 49° à 53°)].

Cette faille est nettement ouverte à la source Edmond (¹).

3° *La faille du mont Cornadore*, qui présente des lambeaux d'Oligocène le long de sa lèvre affaissée (la lèvre surélevée formant escarpement), se bifurque en deux failles (f^7, f^8) près de Saint-Nectaire-le-Haut. Elle est jalonnée par les sources Giraudon (37°), source du Parc et du mont Cornadore (39°).

4° *La faille de Châteauneuf* (f^{10}) remarquable par son escarpement de la lèvre surélevée contre lequel bute un lambeau d'Oligocène recouvert par une coulée de basalte, issue de la faille elle-même, et par un reste de

(¹) Les deux lèvres de la faille complexe du Gros Bouillon étaient également écartées et réunies par une boue kaolinique.

cône de scories dans lequel sont creusées des grottes historiques (grottes dites de Châteauneuf). Par cette faille émerge dans la vallée une source froide incrustante. Elle est donc à la fois topographique, volcanique et hydrominérale. La situation du volcan sur cette fracture rappelle à beaucoup d'égards celle du volcan de Gravenoire, près Royat, sur la grande faille bordière de la Limagne.

5° *La faille de Boissières* (f^{11}), le long de laquelle l'Oligocène monte jusqu'à plus de 900^m, est également volcanique et le reste de coulée qui part du culot éruptif a sa racine dans la faille, injectée de basalte sur plus de 100^m de haut, ce qui a permis la conservation de l'Oligocène argilo-sableux.

6° En revenant à l'E du bassin on constate que la *faille bordière* (f^1) qui limite le granite et le bassin hydrominéral par suite de déblayage de l'Oligocène est mise en relief vers le chemin des Granges par un escarpement de près de 200^m de haut, culminé par le Puy d'Eraignes, tandis qu'elle se prolonge au N par le Puy de Mageyres (alt. 919^m) représentant le culot basaltique d'un volcan miocène édifié sur cette importante fracture. Trois autres culots basaltiques du Puy d'Eraignes sont également situés sur des failles.

Les *failles orthogonales* sur les précédentes (direction EO) sont jalonnées également par un volcan (Volcan d'Eraignes, réduit à un neck et à un fragment de coulée et des sources minérales (S. du Dolmen, etc.) soulignées par des lambeaux d'Oligocène plus ou moins surélevés.

Il existe également des *failles de décrochement* marquées par des miroirs et des stries horizontales sur les lèvres (source du Dolmen).

Il est utile de constater ici qu'en raison des pentes des Puys de Mazeyres et d'Eraignes il s'est produit des phénomènes de *solifluxion* de l'Oligocène qui achèvent de compliquer la géologie de ce territoire.

Diaclases. — Toutes les sources minérales n'émergent pas par des *failles*. Un certain nombre sont issues de *diaclases* et ont leurs griffons sur ces dernières. Or, les diaclases du granite qui découpent cette roche en parallélépipèdes, paraissant correspondre aux prismes des roches volcaniques, ont des *directions variées*, suivant les points, ainsi que je l'ai constaté sur l'ensemble des sources de la station (sources du Gros Bouillon, Pauline, sources Papon moyennes).

La montée de l'eau minérale *profonde*, avec l'acide carbonique, a lieu par les failles, puis la lame d'eau ascensionnelle se *ramifie secondairement* et latéralement dans les diaclases qui sont *coupées en biais* suivant des angles

variables par les failles. Aussi y a-t-il souvent multiplicité d'émergences minérales, dans les diaclases, au voisinage des failles. On observe ce fait principalement le long de la faille Papon où l'on peut constater *de visu* la sortie de l'eau à la source Edmond, etc., tandis que près de la nouvelle route de Saint-Nectaire-le-Haut à Saint-Nectaire-le-Bas, toutes les diaclases sont remplies de dépôts aragonitiques et siliceux mélangés d'orpiment. Ici presque toutes les diaclases ont été minéralisées et obstruées au voisinage de la faille par ces dépôts travertineux.

En général, le refroidissement de l'eau thermale est fonction de son éloignement des failles et comme il se produit des précipitations de sels minéraux en cours de route, la composition chimique de l'eau minérale, sa température à partir de la faille, ainsi que toutes ses autres propriétés physico-chimiques par suite d'un cheminement plus ou moins long, peuvent varier dans des proportions sensibles avant l'arrivée au griffon. C'est ce que l'on constate en particulier pour toutes les sources Papon moyennes, ainsi que pour les sources du Gros Bouillon et la nouvelle source qui émergent à quelques mètres l'une de l'autre. Il en est de même dans les stations thermales similaires, édifiées sur le granite ou l'archéen aussi bien dans le Massif Central (Châteauneuf, Néris, Vals-les-Bains, etc.) que dans les Vosges (Plombières).

En présentant à l'Académie la troisième édition de son ouvrage : *Calcul graphique et nomographie* (faisant partie de l'*Encyclopédie scientifique*), M. d'Ocagne rappelle que cet ouvrage contient, dans sa première partie, un précis de calcul graphique général (y compris l'intégration graphique) dont les principes, dégagés de l'œuvre remarquable mais extraordinairement touffue de l'éminent ingénieur belge Massau, se trouvent enchaînés, sous une forme aussi simple que possible, suivant un ordre strictement rationnel. La seconde partie forme une sorte de compendium de nomographie dont les éléments ont été puisés dans les travaux propres de l'auteur. Cette nouvelle édition ne diffère de la précédente, en dehors de quelques modifications de détail, que par diverses additions parmi lesquelles on peut citer celle qui se rapporte aux nomogrammes à échelles mobiles orientées de M. Margoulis dont la fécondité n'est plus à démontrer.

M. Flahault fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *Congrès de l'eau. Montpellier : 24-26 mai 1923. Compte rendu des travaux*, dans laquelle il a écrit notamment le *Rapport général*.

PLIS CACHETÉS.

M. **Edouard Busy** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 21 janvier 1924 et inscrit sous le n° 9315.

Ce pli, ouvert en séance par le Président, contient un Mémoire intitulé : *Mécanisme physico-chimique de la croissance et de son activation chez les êtres vivants. Rôle fondamental de l'oxygène. Application au problème du cancer.*

(Renvoyé à l'examen de la section de médecine et de chirurgie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° L. Bérard et Ch. Dunet. *Cancer thyroïdien.* (Présenté par M. Quénu.)

2° T. Lemoyne. *Les lieux géométriques en mathématiques spéciales.* (Présenté par M. P. Appell.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations $s + f(x, y, z, p, q, r) = 0$, intégrables par la méthode de Darboux.* Note de M. **R. Gosse**, présentée par M. E. Goursat.

Nous désignerons par (E) toutes les équations de la forme

$$s + f(x, y, z, p, q, r) = 0,$$

qui admettent un invariant du second ordre pour le système de caractéristiques dont y est un invariant, et deux invariants du second ordre pour l'autre système.

Le calcul amène à les classer d'après la façon dont elles dépendent de q et cette Note a pour objet de signaler celles qui sont linéaires en q.

On les ramène facilement à l'un des deux types suivants :

(I) $$s + e^z\alpha(x, p, r) = 0,$$

(II) $$s + z[r\alpha_1(x, y, p) + \alpha_2(x, y, p)] + \beta(x, y, p, r) = 0.$$

Équations I. — *La condition nécessaire et suffisante pour que l'équation* (I) *soit une équation* (E) *est*

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho + g) + 2p(\rho + g) + r\frac{\partial}{\partial p}(\rho + g) + \frac{\partial\alpha}{\partial r}\left(\frac{\partial\alpha}{\partial x} + p\alpha + r\frac{\partial\alpha}{\partial p}\right) + \alpha\frac{\partial\alpha}{\partial p} = 0,$$

où g est une fonction quelconque de x et de p et où l'on a posé

$$\rho = -\int\left(\frac{\partial\alpha}{\partial r}\right)^2 dr.$$

C'est là une équation en α dont il est facile d'obtenir des solutions particulières :

1° Si on lui adjoint la condition $\frac{\partial\alpha}{\partial p} = 0$, on est conduit à l'équation

$$r + z - \log s = 0,$$

qui admet comme invariants, d'une part

$$y \quad \text{et} \quad q^3 + s^2 - 2t,$$

et d'autre part les deux nombres u et v définis par les relations

$$\frac{p}{u} = \sin\frac{x+v}{u}, \qquad \frac{r-1}{u} = \cos\frac{x+v}{u}.$$

La forme de ces résultats invite à poser

$$p = Z.$$

On obtient alors l'équation linéaire

$$E' \equiv r + z - \frac{s}{q} = 0,$$

qui admet deux invariants du premier ordre pour un système de caractéristiques, et pour l'autre y et l'invariant du troisième ordre

$$\left(\frac{t}{q} - s\right)^2 + q^2 + 2\left(p_{12} - \frac{p_{03}}{q} + \frac{t^2}{q^2}\right).$$

La transformation de contact définie par les formules

$$X^2 = z^2 + (p-1)^2, \qquad Y = y, \qquad Z = x + \int\frac{(p-1)\,dp}{p[x^2 - (p-1)^2]^{\frac{1}{2}}}$$

ramène l'équation E' à celle que l'on obtient en éliminant p entre les deux relations

$$pS = XQ \quad \text{et} \quad \frac{P}{X} = \frac{1}{p[X^2-(p-1)^2]^{\frac{1}{2}}} - \int \frac{(p-1)\,dp}{p[X^2-(p-1)^2]^{\frac{3}{2}}}.$$

C'est une équation de la forme $s = qf(x, p)$, qui est du type réservé à la fin de ma Thèse. Elle admet un invariant du premier ordre du même système que x, et pour le système qui admet l'invariant y elle admet *un invariant du troisième ordre.*

2° L'hypothèse

$$\alpha = P(p)\,R(r)$$

conduit à l'équation

$$s + (r+1)\,e^{z+\frac{p^2}{2}+\frac{1}{r+1}} = 0$$

qui se ramène à la précédente en posant

$$z + \frac{x^2}{2} = Z$$

et en faisant ensuite la transformation d'Ampère.

Équations II. — On peut toutes les ramener par de simples transformations de contact à la forme

$$s + z - px + \beta(x, y, r) = 0.$$

La condition nécessaire et suffisante pour que cette équation soit une équation (E), *est que* β *vérifie la relation*

$$\frac{\partial^2\beta}{\partial r^2}\left(rx - \frac{\partial\beta}{\partial x}\right) + \frac{\partial\beta}{\partial r}\frac{\partial^2\beta}{\partial x\,\partial r} + \frac{\partial^2\beta}{\partial y\,\partial r} + 3x\frac{\partial\beta}{\partial x} + x^3 + x\varphi(y) + \psi(y) = 0.$$

Si l'on cherche par exemple les fonctions β de la forme $X(x)\,R(r)$, on trouve l'équation

$$s + z - px + \frac{x^2}{2}\left[r + \frac{(\theta+1)^3}{\theta}\right] = 0,$$

où θ est une fonction de r définie par la relation

$$r + \frac{\theta^2}{2} + 2\theta + \log\theta = 0.$$

Cette équation admet comme invariants : d'une part

$$y \quad \text{et} \quad t + qx - sx^2 - \frac{x^4}{8\theta^2}(\theta+1)^4,$$

et d'autre part

$$\frac{x^2(\theta+1)^2}{\theta} \quad \text{et} \quad y - \frac{2\theta}{x(\theta+1)}.$$

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur l'extension de l'homéomorphie entre deux ensembles*. Note de M. **W. Sierpiński**, présentée par M. Henri Lebesgue.

M. Lavrentieff a démontré récemment (1) un théorème remarquable d'après lequel il est toujours possible d'étendre une correspondance biunivoque et bicontinue entre deux ensembles linéaires à deux ensembles G_δ (2) enfermant les ensembles donnés. Quelques modifications légères de la démonstration de M. Lavrentieff permettent d'étendre son théorème aux ensembles de points situés dans les ensembles à un nombre quelconque de dimensions. Or on arrive tout naturellement au théorème de M. Lavrentieff lorsqu'on se pose le problème de trouver la plus grande extension possible d'une correspondance biunivoque et bicontinue entre deux ensembles donnés aux ensembles contenant ces ensembles et contenus respectivement dans leurs fermetures (3).

Soient P et Q deux ensembles héméomorphes (situés dans un espace à m dimensions), soit $q = \varphi(p)$ une fonction déterminant la correspondance biunivoque et bicontinue entre les points p de P et les points q de Q. Soient E et H deux ensembles contenant respectivement P et Q : s'il existe une fonction $q = f(p)$ déterminant une correspondance biunivoque et bicontinue entre les points de E et ceux de H, telle que $f(p) = \varphi(p)$ pour tout point p de P, nous dirons que *l'homéomorphie entre* P *et* Q *s'étend aux ensembles* E *et* H.

Théorème. — *Parmi les couples d'ensembles* (E, H) *auxquels s'étend l'homéomorphie entre deux ensembles donnés* P, Q, $E \subset \overline{P}$ *et* $H \subset \overline{Q}$ (4), *il en existe toujours un* (M, N) *tel que les ensembles* M *et* N *sont respectivement plus grands que les ensembles* E *et* H *formant tout autre couple de même nature; les ensembles* M *et* N *formant le couple* (M, N) *sont des* G_δ.

Soient $q = \varphi(p)$ une fonction déterminant une correspondance biunivoque et bicontinue entre les points de deux ensembles donnés P et Q, $\psi(q)$ la fonction inverse de $\varphi(p)$ (définie dans Q), et supposons que l'homéomorphie entre P et Q, déterminée par la fonction $\varphi(p)$, s'étende aux

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 187.

(2) C'est-à-dire produits d'une infinité dénombrable d'ensembles ouverts.

(3) On appelle *fermeture* d'un ensemble P et l'on désigne par $\overline{P}$ l'ensemble $P + P'$, où P' est le dérivé de P.

(4) Lire : E étant contenu dans $\overline{P}$ et H dans $\overline{Q}$.

ensembles E et H, tels que $P \subset E \subset \overline{P}$ et $Q \subset H \subset \overline{Q}$; soient $f(p)$ la fonction qui détermine l'homéomorphie entre E et H, $g(q)$ sa fonction inverse. Soit p_0 un point de E : c'est donc un point de $\overline{P}$; soit p_n ($n = 1, 2, \ldots$) une suite infinie de points de P, telle que $\lim_{n=\infty} p_n = p_0$: nous aurons évidemment $\lim_{n=\infty} \varphi(p_n) = f(p_0)$ [puisque $\varphi(p) = f(p)$ dans P, et que $f(p)$ est continue dans E]; on en déduit immédiatement que l'*oscillation* de la fonction $\varphi(p)$ relativement à l'ensemble P au point p_0 est nulle. De même l'oscillation de la fonction $\psi(q)$ relativement à l'ensemble Q est nulle (1). en tout point q_0 de H.

Soit U l'ensemble de tous les points p_0 de $\overline{P}$ en lesquels l'oscillation de $\varphi(p)$ relativement à P est nulle et soit V l'ensemble de tous les points q_0 de $\overline{Q}$ en lesquels l'oscillation de $\psi(q)$ relativement à Q est nulle : nous aurons donc $E \subset U$ et $H \subset V$. On peut définir dans U une fonction univoque $\Phi(p)$, en posant $\Phi(p) = \lim_{n=\infty} \varphi(p_n)$, où p_n ($n = 1, 2, \ldots$) est une suite de points de P qui converge vers p. La fonction $\Phi(p)$ ainsi définie sera évidemment continue dans U et nous aurons $\Phi(p) = \varphi(p)$ pour $p \in P$ (2). Pareillement, on définit la fonction $\Psi(q)$ continue dans V et telle que

$$\Psi(q) = \psi(q)$$

pour $q \in Q$. On voit sans peine que les ensembles U et V sont des G_δ : il suffit de remarquer que l'ensemble F_n de points de $\overline{P}$ en lesquels l'oscillation de $\varphi(p)$ relativement à P est $\geqq \frac{1}{n}$ est fermé pour $n = 1, 2, 3, \ldots$, et qu'on a $U = \overline{P} - (F_1 + F_2 + F_3 + \ldots)$.

Désignons par M l'ensemble de tous les points p de U, tels que $\Phi(p) \in V$, et par N l'ensemble de tous les points q de V, tels que $\Psi(q) \in U$. La démonstration que la fonction $\Phi(p)$ établit une correspondance biunivoque et bicontinue entre les ensembles M et N n'offre pas de difficultés. Or, de la définition des fonctions $f(p)$ et $g(q)$ résulte immédiatement que $f(p) = \Phi(p)$ pour $p \in E$ et $g(q) \equiv \Psi(q)$ pour $q \in H$, ce qui donne, d'après

---

(1) Nous appellons *oscillation* d'une fonction $\varphi(p)$ relativement à l'ensemble P au point p_0 de $\overline{P}$ la limite pour $\eta = 0$ des nombres $b(\eta)$, où $b(\eta)$ désigne la borne supérieure des distances de deux points $\varphi(p_1)$ et $\varphi(p_2)$ correspondant aux points p_1 et p_2 de P dont la distance au point p_0 est $< \eta$.

(2) Lire : pour p élément de P.

$E \subset U$ et $H \subset V$ (H étant l'image de E à l'aide de la fonction f) : $E \subset M$ et $H \subset N$.

L'ensemble V étant un G_δ, nous pouvons poser $V = G_1 G_2 G_3 \ldots$, où $G_n (n = 1, 2, \ldots)$ sont des ensembles ouverts. La fonction $\Phi(p)$ étant continue dans U, l'ensemble U_n des points p de U, tels que $\Phi(p) \in G_n$ est évidemment ouvert relativement à U, c'est-à-dire nous avons $U_n = U\Gamma_n$, où Γ_n est un ensemble ouvert. Or nous avons évidemment

$$M = U_1 U_2 U_3 \ldots = U \Gamma_1 \Gamma_2 \Gamma_3 \ldots;$$

donc, U étant un G_δ, M est aussi un G_δ. On prouve de même que l'ensemble N est un G_δ.

Notre théorème est ainsi démontré complètement.

MÉCANIQUE. — *Sur le mouvement d'un point matériel de masse variable avec la force vive, soumis à une force centrale.* Note de M. R. **Dugas**, présentée par M. L. Lecornu.

I. Nous nous proposons une généralisation immédiate de la méthode employée par Sommerfeld (Atombau und Spektrallinien) dans le cas de la relativité restreinte.

La masse $m = \varphi(v)$ est une fonction de la vitesse, réelle et positive si l'on veut rester dans le domaine physique. Les équations du mouvement sont, en coordonnées cartésiennes,

$$(1) \qquad \frac{d}{dt}\left[\varphi(v)\frac{dx}{dt}\right] = X, \qquad \frac{d}{dt}\left[\varphi(v)\frac{dy}{dt}\right] = Y, \qquad \frac{d}{dt}\left[\varphi(v)\frac{dz}{dt}\right] = Z.$$

Les quantités mx', my', mz' sont les dérivées partielles en x', y', z' d'une fonction $\mathfrak{F}(v)$ définie par

$$(2) \qquad \frac{d\mathfrak{F}(v)}{dv} = v\varphi(v).$$

Si U est la fonction de forces, on définit la force vive 2T par

$$(3) \qquad T = U + h$$

ou

$$dT = X\,dx + Y\,dy + Z\,dz.$$

La comparaison de cette équation avec (1) et (2) donne

$$\frac{dT}{dt} = \frac{d}{dt}[v^2\varphi(v)] - \varphi(v)v\frac{dv}{dt},$$

$$(4) \qquad T = v^2\varphi(v) - \mathfrak{F} + \text{const.}$$

En mécanique ordinaire, T coïncide avec $\mathfrak{F}$ à une constante près. Ce fait est caractéristique du cas $m = m_0$.

Effectuons sur les x, y, z une transformation ponctuelle quelconque. Si les q_k ($k = 1, 2, 3$) sont les nouvelles variables, $\mathfrak{F}(v)$ se définit par (2), et l'on pose

$$\frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial q'_k} = p_k,$$

d'où l'on tire

$$T = \Sigma p_k p'_k - \mathfrak{F} + \text{const.} \tag{4'}$$

Le principe de d'Alembert s'écrit

$$\sum \left(p'_k - \frac{\partial U}{\partial q_k}\right) \delta q_k = 0. \tag{5}$$

Au lieu d'introduire l'action comme Sommerfeld, nous déduisons de (5) les équations de Lagrange par la méthode ordinaire. On trouve

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial q'_k}\right) - \frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial q_k} = \frac{\partial U}{\partial q_k}. \tag{6}$$

Elles ont leur forme habituelle, mais $\mathfrak{F}$ y remplace T.

II. Appliquons ceci au cas particulier $m = \varphi(T)$; le point de masse m est soumis à une force centrale $-f(r)$. Les équations (6) sont

$$\left\{\begin{aligned} &\frac{d}{dt}(mr') - mr\theta'^2 = -f(r), \\ &\frac{d}{dt}(mr^2\theta') = 0. \end{aligned}\right. \tag{7}$$

L'intégrale première

$$mr^2\theta' = C$$

généralise celle des aires.

On déduit d'autre part de (7)

$$\frac{d^2 \frac{1}{r}}{d\theta^2} + \frac{1}{r} = \frac{f(r)\, m(T)\, r^2}{C^2}; \tag{8}$$

or, $m(T) = m(U + h) = \psi(r)$ puisque $U = U(r)$. Le deuxième membre est une simple fonction de r et des données initiales. C'est la formule de Binet généralisée.

Si $f(r)\psi(r) = \eta(r)$, la trajectoire du point $m = \psi(r)$, soumis à la force $-f(r)$, coïncide avec celle du point de masse 1 soumis à la force $-\eta(r)$.

En relativité restreinte la loi $m(\mathrm{T})$ est linéaire :

$$m = m_0 + \frac{\mathrm{T}}{c^2},$$

les résultats sont très simples. Par exemple :

Pour une attraction $f(r) = rk^2$ proportionnelle à r,

$$(9) \quad \left\{ \begin{aligned} m &= m_0 + \frac{h}{c^2} - \frac{k^2 r^2}{2c^2}, \\ -\eta(r) &= -\left(m_0 + \frac{h}{c^2}\right) k^2 r + \frac{k^4 r^3}{2c^2}. \end{aligned} \right.$$

La loi $-\eta(r)$ est compliquée d'une répulsion proportionnelle à r^3.

Pour le problème képlérien,

$$(10) \quad \left\{ \begin{aligned} m &= m_0 + \frac{h}{c^2} + \frac{k^2}{c^2 r}, \\ -\eta(r) &= -\frac{k^2}{r^2}\left(m_0 + \frac{h}{c^2}\right) - \frac{k^4}{c^2 r^3}. \end{aligned} \right.$$

La trajectoire est une ellipse dont le périhélie se déplace. Ce déplacement du périhélie, considéré en lui-même, abstraction faite de la loi du mouvement, fait conclure indistinctement à la variabilité de la masse, ou bien à la complication de la loi d'attraction suivant la forme (10).

Observations de M. L. Lecornu *sur la Communication précédente.*

On doit, pour éviter toute confusion, bien remarquer que la force vive 2T, définie au moyen de l'équation (3), c'est-à-dire de façon à vérifier le principe de conservation de l'énergie, diffère du produit mv^2.

La Note de M. Dugas montre, et c'est là son principal intérêt, que, grâce à une extension naturelle des équations de Lagrange, la dynamique du point matériel dont la masse varie en fonction de T se ramène, d'une façon générale, dans le cas d'une force centrale fonction de r, à celle d'un point matériel de masse constante, l'expression de la force étant seule modifiée : ce qui laisse le choix entre deux interprétations mathématiquement équivalentes.

MÉCANIQUE. — *Comparaison entre les êtres vivants et les engins mécaniques au point de vue de la puissance nécessaire à la propulsion dans les fluides.* Note [1] de M. **Louis Kahn**, présentée par M. Paul Painlevé.

La puissance des oiseaux ou des poissons est souvent regardée comme infime. La propulsion par agitation de l'aile portante ou de la carène serait donc plus avantageuse que celle d'un corps rigide, remorqué, en quelque sorte, par un propulseur spécialisé.

Nous nous proposons de montrer que, bien au contraire, dans un fluide au repos, un engin mécanique atteindrait une vitesse comparable à celle des êtres vivants avec une puissance à la tonne du même ordre.

Puissance utile de propulsion en route libre chez les êtres vivants. — L'hydrodynamique ne permet pas encore le calcul. Les mesures directes de puissance, effectuées en faisant déplacer par l'animal le point d'application d'une force donnée, ne donnent que des puissances extérieures de remorquage et non la puissance en route libre [2]; mais elles permettent d'évaluer son ordre de grandeur.

Soient en effet R la puissance utile dans le vol ou la nage libres pour vaincre la résistance à l'avancement, Q la puissance extérieure disponible pour le remorquage, l'ascension ou l'essor, P la puissance utile totale, somme de Q et de R.

L'animal se présente comme un propulseur dont l'effort ou le couple maximum est limité. Portons P, Q et R en fonction de la vitesse V lorsque l'effort atteint, pour toutes les vitesses, le maximum admissible. Au delà d'une certaine vitesse V_1 l'animal, comme tout propulseur, ne peut plus fournir de poussée utile. La courbe P coupe donc l'axe des vitesses pour $V = 0$ et $V = V_1$. Elle présente un maximum dans l'intervalle.

R croît rapidement avec la vitesse (la courbe R serait sensiblement une

---

(1) Séance du 14 janvier 1924.

(2) Labouret a calculé la puissance en vol libre d'après les travaux de Marey sur les trajectoires des différents points d'un Pigeon. Il a trouvé 6 kgm/sec par kilogramme d'animal. Malheureusement le calcul repose sur les accélérations des différents points. Il exige donc deux dérivations successives de courbes expérimentales; c'est dire combien le résultat est douteux (Marey, *Le vol des oiseaux*, p. 339, chez Masson, 1890).

parabole cubique pour un corps rigide). La vitesse maxima en route libre est l'abscisse du point commun à P et R.

Q est représenté par la différence entre les deux ordonnées.

S'il s'agit d'un animal comme le poisson, dont l'ascension ne demande aucun effort supplémentaire et qui n'a donc aucune puissance extérieure à fournir, R passe par le maximum de P (*fig.* 1).

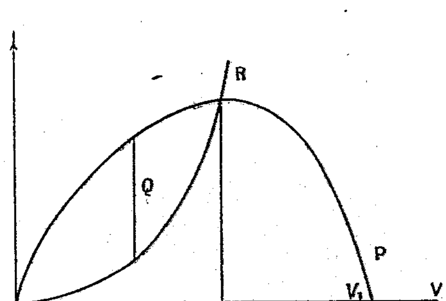


Fig. 1.

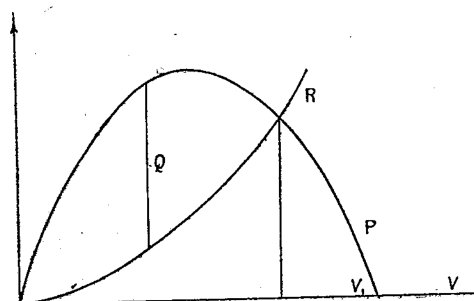


Fig. 2.

Au contraire, pour l'oiseau, R passe au delà du maximum de P (*fig.* 2).

Les mesures de M. Houssay [1] et de MM. Huguenard, Magnan et Planiol [2] ont donné comme valeur de Q maximum rapporté au kilo d'animal: 0,5 kgm/sec chez le poisson, 2,6 chez l'oiseau. Mais ces nombres sont tous deux faibles, car d'une part le procédé de M. Houssay ne donne pas Q, mais des moyennes entre 0 et Q, et d'autre part, la courbe jointe à la communication de ses continuateurs montre que le maximum possible n'a pas été atteint.

En définitive nous adopterons pour R maximum les nombres suivants: pour le poisson nous tiendrons compte d'abord de ce que le nombre de Houssay est faible. Nous remarquerons ensuite que, d'après la figure 1, Q maximum n'est qu'une fraction de R maximum. Pour les navires le rapport serait environ 0,5 lorsque le propulseur est choisi pour la route libre [3].

Nous prendrons donc R maximum *à la tonne* égal à 1500 kgm/sec soit trois fois le nombre de Houssay. Pour l'oiseau, nous remarquerons que, d'après la figure 2, R maximum est voisin de Q maximum dans un sens

---

(1) HOUSSAY, *Forme puissance et stabilité des poissons* (Hesman, 1912).

(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1009.

(3) Pour un remorqueur, au contraire, il faut tendre vers la disposition de la figure 2.

qu'on ne peut déterminer et nous garderons pour R maximum la valeur de Q maximum, soit 2,6 kgm/sec par kilogramme.

Ces nombres gagneraient à être confrontés avec le bilan énergétique des animaux. Nous nous bornerons à remarquer qu'en prêtant à l'organisme animal le rendement d'un moteur à combustion interne, ils correspondent à une perte horaire de quelques millièmes du poids.

Possibilités de l'engin mécanique de même puissance unitaire. — La puissance en kgm/sec. nécessaire à la propulsion d'un corps de forme bien effilée et de surface polie dans l'eau est sensiblement $5B^2V^3$; B désigne le maître couple et V la vitesse avec, comme unité, le mètre et la seconde. Le déplacement en tonnes des corps présentant des couples semblables et semblablement disposés est $B^2.Lr$, dans laquelle L exprime la longueur en mètres et r le coefficient de remplissage ou rapport du volume à celui du cylindre circonscrit au maître couple. La valeur de r est environ 0,55. Si l'on admet que la puissance à la tonne est de 1500, et si l'on élimine B, on trouve $\frac{V^3}{L} = 165$, soit $5^m,50$ à la seconde par un corps de 1^m, $5^m,90$ pour un corps de 2^m, $7^m,90$ pour 2^m. Un corps de 60^{mm} de long ferait 1^m par seconde.

Quant à la puissance au kilogrammètre, demandée par le vol horizontal d'un aéroplane, on peut la mettre sous la forme $P = f.V$ en désignant par f le rapport de la résistance à la portance. F varie entre 0,20 et 0,10. On voit donc que V varie de 13 à 26^m par seconde.

On aboutit donc, dans l'eau comme dans l'air, à des vitesses de même ordre pour les êtres vivants et des engins mécaniques.

Conclusion. — La copie des mouvements propulsifs des êtres vivants qui conduirait à de grosses difficultés de construction, ne doit pas apporter en route libre une économie de puissance sensible. L'Architecture navale ou aérienne peut d'abord épuiser les sources économiques que lui réservent encore un plus grand affinement de formes, la réduction des appendices, le choix et l'emplacement heureux des propulseurs, et en particulier, pour l'aviation, le vol aux hautes altitudes.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le troisième trimestre de* 1923. Note de M. **J. Guillaume**, présentée par **M. B. Baillaud.**

Le nombre des jours d'observations (¹), dans ce trimestre, a été de 88, et les principaux faits qu'on en déduit se résument comme suit :

Taches. — On a observé 7 groupes de taches dont l'aire totale est de 421 millionièmes, au lieu de 13 groupes et 459 millionièmes, précédemment (²).

La diminution du nombre des groupes, de part et d'autre de l'équateur, est de 2 au sud, avec 3 au lieu de 5, et de 4 au nord, avec 4 au lieu de 8.

La latitude moyenne de l'ensemble, par hémisphère, a passé de — 4°,2 à — 24°,3, et de + 7°,5 à + 13°,5. — A ce sujet, l'apparition de trois nouveaux groupes dans des parallèles supérieurs à ± 20° (il y en avait eu un au mois de juin) semble marquer le commencement d'un nouveau cycle d'activité.

D'autre part, le nombre des jours notés sans taches, qui a été de 20 en juillet, de 30 en août et de 4 en septembre, donne un nombre proportionnel de 0,61 contre 0,53, antérieurement.

Régions d'activité. — Malgré un nombre de groupes supérieur à celui du trimestre précédent, la surface totale des facules enregistrées est moindre d'une très faible quantité : on a, en effet, 45 groupes au lieu de 39, et 24,4 millièmes au lieu de 24,6.

Dans leur répartition, on note 14 groupes au lieu de 12 dans l'hémisphère austral, et 31 au lieu de 27 dans l'autre hémisphère.

Tableau I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Juillet. — 0,67.			
22-25	4	24,1		+ 8	8
29-30	2	26,6		+ 5	16
	30 j.		»	+ 6°,5	
		Août. — 1,00.			
30-31	2	4,9	—27		19
	30 j.		—27°	»	
		Septembre. — 0,14.			
2- 9	8	4,3	—28		151
7-18	11	12,9		+22	61
17-19	3	17,3		+ 9	8
24- 5	11	30,1	—18		158
	28 j.		—23°,0	+15°,5	

(¹) Avec l'aide de Mlle Bloch.

(²) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1018.

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1923.	Sud. 90°–40°	40°–30°	30°–20°	20°–10°	10°–0°	Somme.	Nord. Somme.	0°–10°	10°–20°	20°–30°	30°–40°	40°–90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Juillet......	»	»	»	»	»	»	2	2	»	»	»	»	2	24
Août........	»	»	1	»	»	1	»	»	»	»	»	»	1	19
Septembre..	»	»	1	1	»	2	2	1	»	1	»	»	4	378
Totaux...	»	»	2	1	»	3	4	3	»	1	»	»	7	421

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1923.	Sud. 90°–40°	40°–30°	30°–20°	20°–10°	10°–0°	Somme.	Nord. Somme.	0°–10°	10°–20°	20°–30°	30°–40°	40°–90°	Totaux mensuels	Surfaces totales réduites.
Juillet......	»	»	»	»	3	3	10	5	2	1	»	2	13	9,6
Août........	»	1	2	2	2	7	8	4	»	2	»	2	15	6,7
Septembre..	»	»	2	1	1	4	13	2	1	2	1	7	17	8,1
Totaux....	»	1	4	3	6	14	31	11	3	5	1	11	45	24,4

PHYSIQUE. — *Sur les résultats des expériences de Watson relatives à la dilatation de l'eau sous haute pression constante.* Note de M. L. BOCHET [1], présentée par M. Ch. Lallemand.

Dans une précédente Note [2] contenant des considérations générales sur la loi des états correspondants de van der Waals, j'ai fait, à titre d'exemple, une comparaison entre les propriétés de l'eau et de l'anhydride carbonique au point de vue de l'application de ladite loi.

Cette comparaison n'a porté que sur les tensions de vapeur saturée et sur les densités de liquide et de vapeur à l'état de saturation, parce que, si la relation entre v, p et t a été étudiée, par Amagat notamment, pour l'anhydride carbonique à des températures et des pressions bien supérieures à celles du point critique, il n'a été publié, à ma connaissance, de résultats analogues relatifs à l'eau que par Watson [3] et que ces résultats ne m'ont pas paru, en raison des considérations qui vont suivre, de nature à être acceptés.

---

(1) Un Mémoire plus détaillé sera publié dans un autre Recueil.

(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 377.

(3) *Recueil de constantes* de Marie, vol. 2, p. 42, d'après les *Proceedings de la Société royale d'Edinbourg*, vol. 31, p. 456, session de 1910-1911.

Ces résultats sont donnés pour les quatre pressions de 400, 700, 1000 et 1300 atmosphères et comportent pour chacune d'elles une série d'observations à des températures diverses comprises entre 245° et 1000°; ces observations sont données en chiffres et en outre représentées graphiquement par des points, avec tracé, pour chaque pression, d'une courbe moyenne $f(v,t)=0$, dont d'ailleurs les points isolés s'écartent souvent dans une mesure importante.

Si l'on prolonge ces courbes, par légère extrapolation, du côté des basses températures, on les voit bien passer sensiblement par les points représentatifs des résultats obtenus par Amagat pour la température de 198°; mais elles y arrivent dans une direction très notablement différente de la tangente à la courbe représentative de l'ensemble des résultats d'Amagat pour les températures inférieures. Cette anomalie est déjà de nature à éveiller l'attention.

Si, d'autre part, on extrait des tableaux et courbes de Watson les données correspondant à une même densité, celle de l'état critique par exemple, de manière à tracer une courbe $f(p, t) = 0$, on trouve que cette courbe ne se raccorde avec celle des tensions de vapeur saturée, qu'on peut considérer comme bien établie depuis les célèbres expériences de Regnault, qu'avec un décrochement brusque qui paraît plus anormal encore.

Enfin si l'on cherche à faire le raccordement par isothermes avec les densités de liquide bouillant aux diverses températures, telles qu'elles ont été déterminées notamment par Davis, on constate que les résultats de Watson correspondent à des densités décroissant tellement avec la pression, pour une même température, qu'elles sont, à la pression de 400^{atm}, déjà bien inférieures à celles de l'état d'ébullition sous pression beaucoup moindre : par exemple, pour la température de 250°, qui correspond à une pression de saturation de 36^{atm}, et une densité de liquide bouillant, d'après Davis, de 794^{g} par litre, la densité ne serait plus, à 400^{atm}, que de 724^{g} par litre, de sorte que le liquide se *dilaterait* de près de 10 pour 100 en passant de la pression de 36^{atm} à celle de 400^{atm} sans changement de température.

Les autres isothermes conduisent à des remarques analogues.

Sans doute pourrait-on prétendre que ce sont les mesures de Davis qui sont inexactes. Mais ces dernières ont du moins pour elles de se raccorder d'une manière très normale avec les résultats nombreux obtenus par Amagat à des températures plus basses et c'est là une garantie d'un très grand poids.

L'ensemble de ces considérations doit, à mon avis, faire regarder les

résultats de Watson, au moins jusqu'à nouvel ordre, comme trop paradoxaux pour être retenus et comme devant être entachés de quelque erreur systématique. J'ai pensé qu'il n'était pas sans intérêt d'attirer sur ce point l'attention des personnes qui pourraient être tentées de les utiliser et des expérimentateurs qui pourraient entreprendre de les contrôler.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Origine météorologique de certaines perturbations des récepteurs de télégraphie sans fil.* Note de M. **R. Bureau**, présentée par M. G. Ferrié.

Une corrélation entre les phénomènes météorologiques et les perturbations des récepteurs de T. S. F. (parasites atmosphériques) a été mise en évidence ces dernières années (1). D'autre part, il a été constaté, en Europe comme en Amérique, une relation très nette entre l'orographie et les centres apparents de productions d'atmosphériques (2). Ceux-ci semblent provenir en général de montagnes élevées (Montagnes Rocheuses, Alpes).

Ces deux sortes de faits, d'origine météorologique et d'origine orographique, ne sont pas sans rapports entre eux :

En comparant les résultats déjà publiés de mesures radiogoniométriques avec les situations météorologiques correspondantes, on constate que les atmosphériques semblent toujours provenir de régions sur lesquelles passe une masse d'air polaire frais (hausse barométrique accompagnée de refroidissement, d'éclaircies et éventuellement d'averses, de grains et d'orages, l'ensemble de ces phénomènes ayant, en général, été précédé par le passage d'une bande pluvieuse). Les atmosphériques provenant d'une zone orageuse ne sont qu'un cas particulier des atmosphériques d'une masse d'air polaire frais.

D'autre part, l'examen comparé des situations météorologiques des derniers mois et des brouillages causés par les atmosphériques montrent que ceux-ci augmentent notablement lorsque la masse d'air polaire passe sur des montagnes élevées (Alpes). En voici deux exemples :

Premier exemple : 7 novembre 1923. — Le 6 novembre un corps pluvieux (air chaud), accompagné d'une baisse barométrique, traverse la France du

(1) Rothé, *Annales de Physique*, t. 17, mai et juin 1922. — Cave et Watson Watt, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 49, n° 205, janvier 1923.

(2) H. de Bellecize, *Radioélectricité*, t. 4, nos 1 et 2, janvier et février 1923. — L. W. Austin, *Journ. Frank. Inst.*, vol. 191, mai 1921.

Nord-Ouest au Sud-Est. Il est suivi d'une éclaircie (air polaire frais) accompagné d'une hausse. Entre la masse d'air chaud du corps pluvieux et la masse d'air polaire de l'éclaircie, la séparation (front froid) est mise en évidence par la discontinuité des vents au sol et des vents en altitude (sondages). L'examen des cartes de 7^h, 13^h et 18^h montre nettement le mouvement de l'ensemble vers les Alpes que le front froid atteint dans la première moitié de la nuit. Le passage de l'air polaire frais sur les Alpes est bref. Dès 7^h du matin, un corps pluvieux secondaire l'a remplacé. Il est suivi à son tour d'un nouveau front froid qui aborde les Alpes dans la deuxième partie de la journée (7 novembre). Le passage de ces fronts froids est nettement indiqué sur les courbes de température du mont Aigoual et des stations des Alpes.

En concordance avec ces phénomènes météorologiques on constate : 1° des atmosphériques qui gênent fortement les réceptions radiotélégraphiques le 7 novembre entre 1^h et 3^h du matin.

2° Leur affaiblissement dans la journée et leur renforcement le 7 à 18^h. Ils sont donc en concordance avec la présence d'air polaire frais sur les Alpes. Il est également intéressant de noter que les orages qui ont accompagné la masse d'air polaire et qui ont été observés l'après-midi du 6 novembre n'ont produit que des brouillages locaux.

Deuxième exemple : 22 novembre 1923. — Le 22 novembre à 7^h, la situation barométrique est la suivante : deux minima barométriques, l'un sur le Pas de Calais, l'autre sur la Méditerranée, sont séparés par une zone de gradient très faible recouvrant la Suisse et les Alpes. Dans la journée du 22, hausse barométrique au Nord, et baisse sur la Méditerranée qui y creuse le minimum, particulièrement dans l'après-midi. Sous l'action de ce minimum un courant du Nord-Est froid et sec s'établit en altitude audessus de l'Europe centrale. Cette arrivée d'air polaire provoque, en altitude, une discontinuité très accentuée, orientée sensiblement Nord-Sud entre vents du Nord-Est et vents du Sud-Ouest (elle est très visible sur les cartes de sondage de 5^h à 9^h). Cette ligne de discontinuité se dirige vers l'Est et atteint les Alpes vers le matin du 22. Le courant d'air polaire prend de la force dans l'après-midi, tournant nettement du Nord au Nord-Est. Une diminution exceptionnelle d'humidité est notée dans les stations des Alpes. Dans la nuit du 22 au 23, le minimum d'Italie se déplace vers le Nord-Est, les vents tournent au Nord-Ouest et deviennent moins froids et plus humides.

Or, le 22 novembre a été la journée la plus troublée par les atmosphé-

riques pendant les mois de novembre et de décembre. Les brouillages se répartissent principalement en deux séries, l'une vers 8^h et l'autre (la plus importante) entre 18^h et 20^h. Le premier correspond à l'arrivée d'un front froid, le second au moment où le courant froid est entièrement établi. Ils disparaissent assez brusquement dans la nuit du 22 au 23, dès que le régime devient plus chaud et plus humide.

Dans ces deux cas, les atmosphériques coïncident avec le passage sur les Alpes d'une masse d'air polaire frais (refroidissement, air plus sec, ciel pur et rayonnement plus intense, augmentation du gradient vertical de température). L'affaiblissement ou la disparition d'atmosphériques coïncide avec l'arrivée d'un front chaud (phénomènes inverses).

Tout se passe donc comme si la production de certains atmosphériques était favorisée par l'évaporation rapide de champs de neige se trouvant à une température inférieure au point de fusion et à grande altitude.

D'autre part, les variations apparentes de la direction des atmosphériques avec la saison, l'heure du jour et la situation géographique des postes d'observations [1], semblent révéler une action des rayons solaires sur les couches de neige de haute altitude.

Il est donc vraisemblable de supposer que la volatilisation active de la neige, particulièrement sous une pression faible, et que l'action sur elle des rayons ultra-violents produisent une ionisation qui serait l'une des sources des parasites atmosphériques.

Ainsi s'expliqueraient également certains phénomènes tels que les atmosphériques observés quand un temps froid et sec survient après une chute de neige et que la couche qui couvre le sol, et qui n'a pas subi de dégel et de regel, présente une grande surface à la volatilisation et à l'action des rayons solaires.

RAYONNEMENT. — *Sur la fonction $\Delta\lambda = \varphi(\lambda\theta)$ de la théorie du rayonnement.* Note de M. **Charles Henry**, transmise par M. Daniel Berthelot.

Aux points de vue discontinus qui s'introduisent dans la théorie des *quanta*, on ne peut *sans précautions* assimiler à une différentielle dx la variation très petite d'une quantité physique. L'assimilation à une différentielle du facteur de e_λ dans la loi de Stefan $e = \int_0^\infty e_\lambda \, d\lambda = \sigma\theta^4$ et dans l'équation de

(1) Watson Watt, *Philosophical Magazine*, vol. 45, mai 1923.

Planck $e_\lambda d\lambda = \frac{c\,d\lambda}{\lambda^5\left(e^{\frac{c}{\lambda\theta}} - 1\right)}$ entraîne quelques difficultés, qui s'interprètent bien par des perturbations dues à une quantité discontinue $\Delta\lambda$, qui, représentant une épaisseur de longueur d'onde, ne peut être une différentielle.

L'expérience indique que $c = \frac{hV}{k}$ est un peu plus petit (1,42) pour de grandes valeurs de $\lambda\theta$, soit A_{u_1}, que pour de petites valeurs, soit A_{u_0} (1,46). On a

$$\frac{e_{\lambda_1} d\lambda_1}{e_{\lambda_0} d\lambda} = \frac{\Delta\lambda_1 \theta_1^5}{A_{u_1}^5\left(e^{\frac{c_1}{\lambda u_1}} - 1\right)} \cdot \frac{A_{u_0}^5\left(e^{\frac{c_0}{\lambda u_0}} - 1\right)}{\Delta\lambda_0 \theta_0^5} > 1;$$

mais $\frac{\Delta\lambda_1}{\Delta\lambda_0} > 1$ équivaut, pour des valeurs convenables, à $\frac{c_0}{c_1} > 1$. Comme c'est $\frac{E_1 \Delta\lambda_1}{E_0 \Delta\lambda_0}$ que l'on mesure, on est conduit à chercher dans la fonction $\Delta\lambda = \varphi(\lambda\theta)$ la raison de ces discordances, d'ailleurs légères, et aussi du fait que la température, calculée d'après la loi de Stefan (laquelle implique des λ très grands et très petits), est plus grande que la température calculée d'après la loi de Wien, observée de fait sur des λ moyens.

On rencontre ce même problème si l'on cherche à calculer les quantités nouvelles que j'ai appelées *températures instantanées d'établissement* et que je désignerai par τ; étrangères au principe de Carnot, ces températures expliquent les chaleurs d'imbibition, etc.; $\tau = \frac{n\varepsilon_\lambda}{k \log p}$, elles se produisent quand il y a émission de grains d'énergie ε_λ (p étant la probabilité de cette émission), à la suite de variations accidentelles de $E_\lambda d\lambda$. Par rapport à l'état stationnaire, l'écart est $\pm x = \varepsilon_\lambda - E^\lambda d\lambda$; la probabilité p de ε_λ étant beaucoup plus petite que la probabilité P de $E_\lambda d\lambda$, on pose

$$p = P e^{-\alpha x^2};$$

comme

$$\int_{-\infty}^{+\infty} P e^{-\alpha x^2} dx = 1 \quad \text{et} \quad \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\alpha x^2} dx = \sqrt{\frac{\pi}{\alpha}},$$

on a

$$P = \sqrt{\frac{\alpha}{\pi}} \quad \text{ou} \quad \alpha = \pi P^2$$

et il vient

$$\log p = E_\lambda \Delta\lambda R^{-1} \theta^{-1} + \pi(n\varepsilon + E_\lambda \Delta\lambda)^2 \exp.(-2 E_\lambda \Delta\lambda R^{-1} \theta^{-1});$$

d'où, en posant $\varepsilon_u \theta = \varepsilon_\lambda$,

$$E_u = E_\lambda \theta^{-5},$$

c'est-à-dire en prenant pour variable $A_u = \lambda\theta$, et en remplaçant $R \log p$, qui est une expression de l'entropie, par son symbole S,

$$(1) \qquad \frac{\varepsilon_\lambda}{S} = \tau = \frac{-\varepsilon_u \theta}{E_u \Delta\lambda \theta^4 + R\theta\pi(n\varepsilon_u - E_u \Delta\lambda \theta^4)^2 \exp.(-2E_u \Delta\lambda \theta^4 R^{-1})}.$$

Le calcul des τ et des S implique la détermination de $\Delta\lambda = \varphi(\lambda\theta)$.

Cette fonction doit satisfaire aux exigences suivantes : 1° elle doit être positive dans toute son étendue; 2° elle doit être telle que les τ tendent vers θ, la température stationnaire du corps noir, les ε_u vers E_u pour les grandes valeurs de $\lambda\theta$, conformément à l'évolution vers les états les plus probables, λ étant proportionnel à un temps; 3° elle doit présenter :

α. Un maximum correspondant au maximum de E_u $\left(\text{alors } \lambda\theta = 0{,}294 \text{ et } \frac{d\lambda}{dE_u} \text{ tend vers } \infty\right)$;

β. Un premier minimum correspondant au premier point d'inflexion de E_u, pour $\lambda\theta = 0{,}173$;

γ. Un deuxième minimum, aussi rapproché du deuxième point d'inflexion de $E_u(\lambda\theta = 0{,}414)$ que le permet la positivité nécessaire de $\Delta\lambda$ $\left(\text{aux points d'inflexion, } \frac{d\lambda}{dE_u} \text{ tendent vers zéro}\right)$. 4° $\Delta\lambda$ doit tendre vers des valeurs très grandes pour $\lambda\theta$ tendant, soit vers 0, soit vers ∞, car à l'origine et à la fin de la fonction $E_u = \varphi(\lambda\theta)$, $\frac{dE_u}{d\lambda}$ est très petit.

Satisfait à ces conditions la fonction suivante, calculée par A. Berné,

$$(2) \qquad \Delta\lambda = \frac{h}{2\pi k} \frac{A_u^3}{\theta^4} \left[1 - \frac{1{,}889}{A_u} + \frac{1{,}00355}{A_u^2} - \frac{1{,}3152.10^{-2}}{A_u^4}\right];$$

elle passe par un maximum compris entre deux minima, le deuxième minimum ayant lieu pour $\lambda\theta = 0{,}9$ et tend vers ∞ pour de très petites et très grandes valeurs de $\lambda\theta$.

On peut calculer $\tau = \tau_u \theta$ et S par (1): leurs valeurs, ainsi que celles de $e_u = e_\lambda \theta^{-5}$ et de $\varepsilon_u = \varepsilon_\lambda \theta^{-1}$ et de $\Delta\lambda\theta^4$, peuvent être portées sur un graphique. τ passe par un minimum compris entre deux maxima. $S = k \log p$ tend vers $-\infty$ quand $\lambda\theta$ tend vers 0. [Comme en réalité $S = A - k \log p$, A étant une constante, on peut considérer $|k \log p|$ comme représentant en valeur absolue un ΔS.] Après avoir décru de ∞ à 0, S pris positivement atteint un premier maximum, puis un minimum, puis un deuxième maximum et tend asymptotiquement vers 0. $\frac{\Delta S}{\Delta(\lambda\theta)}$, λ étant proportionnel à un temps, change

de signe suivant que l'on passe d'un état antérieur à un état postérieur ou réciproquement. Mais, d'après la thermodynamique,

$$S = \frac{E_\lambda \Delta\lambda}{\theta}, \qquad \Delta S = 0,$$

pour les opérations réversibles; $S > \frac{E_\lambda \Delta\lambda}{\theta}$, $\Delta S > 0$, pour les opérations irréversibles. D'après le dénominateur de (1),

$$S = E_u \Delta\lambda\theta^4 = \frac{E_\lambda \Delta\lambda}{\theta}$$

pour les très grandes valeurs de $\lambda\theta$, puisque

$$\varepsilon_\lambda - E_\lambda = \varepsilon_u \theta - E_u \theta^5$$

tend vers 0 et ΔS tend vers 0. *L'irréversibilité, liée aux petites valeurs de $\lambda\theta$, peut donc se calculer.* Il ressort de là, pour ces fonctions du rayonnement, une très grande généralité : en particulier, il est possible de solidariser avec elles les fonctions de la thermochimie par les fréquences atomiques propres des corps, qui ont déjà permis de rattacher les chaleurs spécifiques à volume constant des corps solides aux chaleurs spécifiques des résonateurs du corps noir. J'ai montré [1] que les λ moyens d'extinction atomique λ_0 d'un composé (moyennes des λ des composants dans le spectre du composé) permettent de calculer la chaleur de formation Δq par la relation

$$\Delta q = \frac{3 N m h V}{\lambda_0 \mu}; \tag{3}$$

N, le nombre d'Avogadro; m, la masse moléculaire; $\frac{hV}{\lambda_0} = \varepsilon_{\lambda_0}$; $\mu = 4,18 \times 10^7$.

J'ajouterai que les données déduites de ces fonctions du rayonnement semblent être d'accord avec les données physico-chimiques et permettre d'interpréter les exceptions à la règle du travail maximum.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Action calorifique du rayonnement sur des métaux plongés dans des solutions de leurs sels.* Note de M. G. ATHANASIU, présentée par M. A. Cotton.

Bouty [2] a montré que le coefficient de température des éléments formés par des électrodes métalliques plongeant dans des solutions de leurs

[1] *Memorias de la Real Academia de Ciencias de Barcelona*, décembre 1921.
[2] BOUTY, *Journal de Physique*, t. 9, 1880, p. 229.

sels est loin d'être négligeable. Le contact métal-liquide se comporte comme les contacts d'une pile thermo-électrique d'assez grande sensibilité. Une différence de température de 1° produit en effet entre les deux électrodes d'un élément $Zn - SO^4Zn - Zn$ une force électromotrice de 800 microvolts environ. Or, dans mes expériences ([1]), j'employais comme source un arc au mercure dans le quartz. Les radiations ultraviolettes présentes dans ce rayonnement peuvent alors, comme on le sait et comme je l'ai constaté directement, produire un effet calorifique mesurable.

En prenant des éléments sur lesquels les effets reliés à l'altération chimique de la surface des électrodes sont négligeables, j'ai cherché à évaluer, pour une durée d'éclairement déterminée, l'effet dû à la chaleur. Je me suis contenté pour cela de remplacer une des électrodes par le réservoir d'un thermomètre sensible et de mesurer l'élévation de température que subit le liquide dans le vase éclairé. En déterminant ensuite le coefficient de température de l'élément, on peut chercher si les forces électromotrices produites, pour une durée déterminée d'éclairement, sont comparables à celles prévues pour l'effet calorifique. J'ai obtenu ainsi pour les éléments $Hg - (NO^3)^2Hg^2 - Hg$, $Pb - (NO^3)^2Pb - Pb$ et $Pt - PtCl^4 - Pt$ les résultats résumés dans le Tableau suivant. Ils résultent de mesures faites au cours d'un éclairement continu de 10 minutes pendant lequel les forces électromotrices et les températures croissaient régulièrement. Le Tableau donne les valeurs calculées et mesurées pour une minute d'éclairement :

Élément.	Coefficient de température pour 1 degré.	Élévation de température dans le vase éclairé.	Force électromotrice par l'écl. (millivolts) calculée.	mesurée.
	milliv.	°		
$Hg - (NO^3)^2Hg^2 - Hg$	+0,15	0,10	+0,015	+0,018
$Pb - (NO^3)^2Pb - Pb$	+0,21	0,07	+0,014	+0,013
$Pt - PtCl^4 - Pt$	+0,80	0,06	+0,048	+0,040

Ces résultats permettent de conclure que, aux erreurs de mesure près, *l'effet observé peut être attribué à la chaleur transportée par le rayonnement.*

L'élément $Pt - PtCl^4 - Pt$ se prête difficilement à la mesure de forces électromotrices aussi faibles à cause de la facilité avec laquelle il se polarise; mais on peut faire des mesures à peu près correctes toutes les fois qu'on prend la précaution de nettoyer *parfaitement* les lames de platine et de faire bouillir la solution.

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 386.

Pour les autres éléments contenant des électrodes de Ag, Cu, Cd, Zn, j'ai montré qu'un effet dû à l'altération chimique de la surface se superpose à l'effet calorifique du rayonnement et rend la mesure de ce dernier difficile. Cependant en prenant la précaution d'évaluer les forces électromotrices initiales, c'est-à-dire en opérant autant que possible immédiatement après la formation de ces éléments, on peut vérifier que le faible courant qu'on observe ainsi est toujours du même signe que le coefficient de température comme le montre le Tableau suivant :

Élément.	Coefficient de température.	Force électromotrice initiale produite par l'éclair.
$Pt - PtCl^4 - Pt$	+	+
$Ag - NO^3Ag - Ag$	—	—
$Hg - (NO^3)^2Hg^2 - Hg$	+	+
$Cu - SO^4Cu - Cu$	+	+
$Pb - (NO^3)^2Pb - Pb$	+	+
$Cd - SO^4Cd - Cd$	+	+
$Zn - SO^4Zn - Zn$	+	+

En résumé on peut dire que, dans les limites de sensibilité de la méthode de mesure adoptée, *les forces électromotrices produites par la lumière sur les éléments étudiés peuvent s'expliquer par la superposition de deux effets : le premier s'établissant et disparaissant brusquement avec la lumière est dû à une altération chimique de la surface des électrodes; le second, qui croît régulièrement avec la durée de l'éclairement et disparaît lentement quand on supprime celui-ci, est dû à l'énergie calorifique du rayonnement.*

Les mêmes métaux que j'ai étudiés dans les solutions de leurs sels donnent dans le vide des courants photo-électriques beaucoup plus faibles que ceux intervenant dans les expériences décrites ici où les courants les plus faibles étaient de l'ordre de 10^{-9} ampère.

Si l'on fait alors la supposition que la lumière pourrait produire, sur les électrodes étudiées, une émission d'électrons du même ordre de grandeur que celle qu'elle produit pour les mêmes métaux dans le vide on voit que cette émission serait, avec le dispositif expérimental utilisé, complètement masquée par les effets dus à l'altération chimique des surfaces et à la chaleur.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude sur la silice colloïdale.* Note (1) de MM. **F. Diénert** et **F. Wandenbulcke.**

Dans une précédente Note (2) nous avons montré qu'en employant la méthode calorimétrique de dosage de la silice de A. Jolles et F. Neurat, modifiée par nous, on pouvait doser séparément la silice colloïdale et la silice ordinaire.

Nous avons trouvé, par cette méthode, que contrairement au travail de L. Kahlenberg et A.-T. Lincoln (3) les eaux naturelles ne renferment presque exclusivement que de la silice non colloïdale.

La transformation de la silice colloïdale en silice non colloïdale dans une eau résulte, en effet, de la présence des différents sels dissous dans cette eau.

Nous avons fait agir, à différentes températures, du sel marin dans une solution de silice colloïdale et nous avons obtenu les résultats suivants :

Résultats en milligrammes par litre de silice non colloïdale (récipient en platine).

Durée d'action.	Silice colloïdale dans l'eau distillée T = 37°.	Solution de sel marin à 2 pour 100 contenant 120mg de silice colloïdale par litre. T = 37°.	T = 41°.	T = 90°.
0	7	8	6	10
2 heures	7	»	»	120
1 jour	7	24,8	52	»
2 jours	»	38,0	»	»
3 »	»	»	116	»
6 »	8	79,6	120	»
7 »	»	88,0	»	»

On obtient des résultats semblables avec tous les sels neutres ou alcalins. Les carbonates alcalins ont une action plus rapide que les sels neutres. Les sels acides, comme le sulfate d'alumine, empêchent cette transformation. Celle-ci est plus rapide, en opérant dans un tube en quartz que dans une capsule de platine, quoique l'expérience montre que le quartz n'est pas attaqué. L'influence du tube en silice est telle que la transformation de la silice colloïdale dans l'eau distillée pure peut être obtenue en deux heures

(1) Séance du 28 janvier 1924.
(2) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1474.
(3) *Phys. Chem.*, t. 2, 1898.

au bain-marie sans qu'il soit nécessaire d'y ajouter un sel neutre quelconque. Dans le platine, les sels sont indispensables pour cette transformation.

La formation de la silice colloïdale a lieu en milieu acide. Elle n'est pas instantanée, même en solution concentrée.

Voici le résultat d'un essai dans lequel on fait agir 21^g,7 de silicate de sodium dans 1^l d'eau et 116^g,8 de HCl pur.

	Pour 100 de silice colloïdale fournie.	
Durée d'action.	T = 15°.	T = 40°.
0	45,6	70
1 heure	85,2	93
2 heures	93,0	coagulée
3 »	95,3	
6 »	coagulée	

La température accélère la réaction comme on pouvait le prévoir. Quand on place le mélange de silicate de sodium et d'acide chlorhydrique dans un dialyseur, on sait que l'on arrive, au bout de trois semaines, à obtenir un sol de silice ne se coagulant plus à l'ébullition. En suivant cette transformation avec le réactif molybdique, on obtient les résultats suivants :

Durée d'action.	Pour 100 de silice colloïdale fournie.	Quantité de silice colloïdale dans le diffuseur.	Acidité de la solution HCl par litre dans le diffuseur.
		g	g
0	34,5	8,6	120,4
1 heure	66,9	14,53	95,6
2 heures 30	69,8	15,27	69,2
5 heures	69,2	15,03	47,4
24 »	67,6	14,68	17,5
48 »	»	15,29	»

La dialyse a eu pour résultat de faciliter la diffusion de l'acide, d'arrêter la formation de la silice colloïdale et de permettre la diffusion de l'excès de silice ordinaire.

En remplaçant l'acide chlorhydrique par l'acide acétique on obtient encore de la silice colloïdale, mais plus lentement.

En dehors de ces deux silices en existe-t-il d'autres ne réagissant pas sur le réactif molybdique?

Quand on abandonne pendant plusieurs mois une solution de silicate de sodium ou de potassium dans un flacon en verre et qu'on dose la silice en poids on constate une augmentation de silice, tandis qu'avec le réactif

molybdique le titre en silice demeure invariable. Si, dans cette solution diluée, on fait passer un courant de CO^2, on constate alors une augmentation de silice réagissant au réactif molybdique, tandis que CO^2 n'a aucune action du même ordre sur la silice colloïdale.

Quand CO^2 a disparu, la quantité de SiO^2 réagissant au réactif molybdique est revenue à son état initial comme le montrent les résultats suivants :

	Milligrammes de silice par litre dosée calorimétriquement.	
	Solution de silicate de K à 434^{mg} de SiO^2 dosée pondéralement.	Solution de silicate de Na à 261^{mg} de SiO^2 dosée pondéralement.
Avant le passage de CO^2	370	222
Après 1 heure de passage de CO^2	410	240
24 heures après la fin du passage de CO^2	366	220

Ces résultats montrent que la silice est, parmi les corps, celui dont la nature colloïdale est le plus facilement variable.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Analyse thermique du système hyposulfite de sodium et eau.* Note (¹) de M. **Marius Picon**, présentée par M. A. Haller.

L'existence et la composition de cinq hydrates de l'hyposulfite ont été nettement établies. Ce sont le pentahydrate ordinaire de Fordos et Gélis (²), un second pentahydrate, sel métastable, isolé par Parmentier et Amat (³), enfin les di, tétra et hexahydrate obtenus par Young et Burke (⁴). Les deux derniers n'ont été identifiés que par l'étude de leurs solubilités et de leurs points de fusion.

Jones, en 1904 (⁵), employa l'analyse thermique pour déterminer les températures de cristallisation spontanée des solutions aqueuses de l'hyposulfite. Par suite de la sursaturation qui se produit, il n'a pu fournir que quelques chiffres dans des intervalles de concentration extrêmement restreints.

(¹) Séance du 29 janvier 1924.

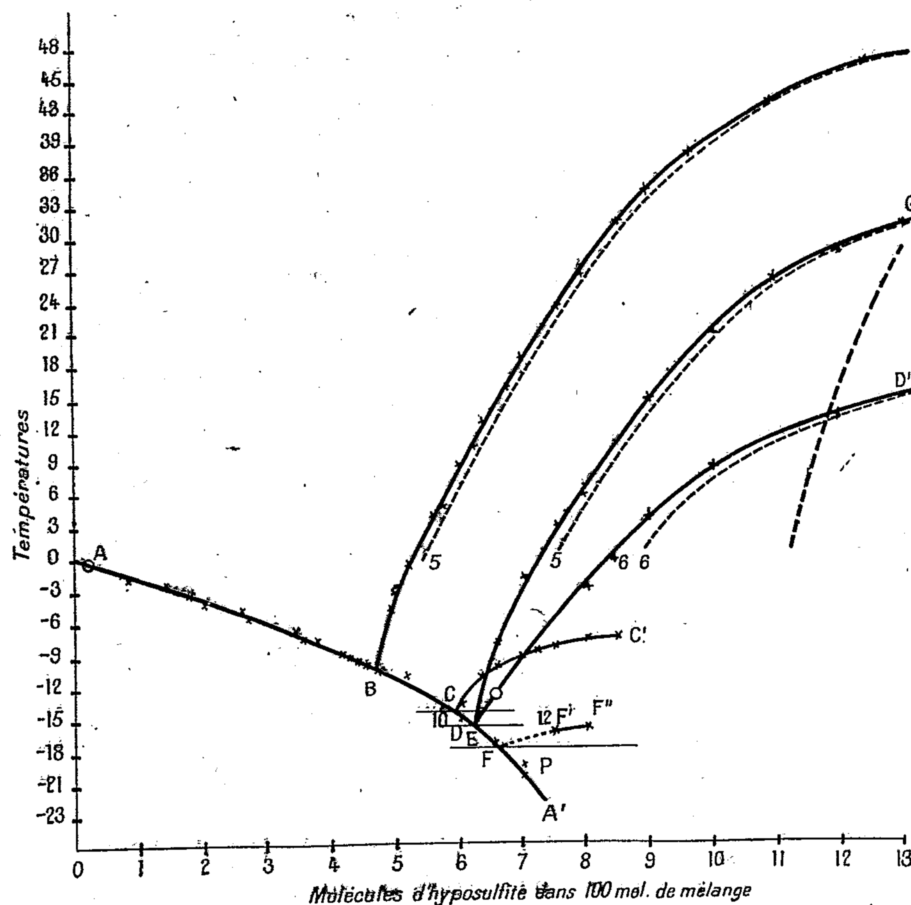
(²) Fordos et Gélis, *Comptes rendus*, t. 15, 1842, p. 920.

(³) Parmentier et Amat, *Comptes rendus*, t. 98, 1884, p. 735.

(⁴) Young et Burke, *J. amer. chem. Soc.*, t. 26, 1904, p. 1413, et t. 28, 1906, p. 315.

(⁵) Jones, *J. chem. Soc.*, t. 95, 1909, p. 1672.

Nous avons pensé que l'analyse thermique pouvait cependant être utilisée pour l'étude de ce système, en envisageant les courbes de réchauffement des mélanges préalablement cristallisés. Nos résultats sont donnés dans les courbes à traits pleins de la figure ci-dessous, qui ne représentent



le système que jusqu'à la concentration de 13^{mol} d'hyposulfite anhydre dans 100^{mol} de mélange. Les courbes en pointillé indiquent les solubilités fournies par Young et Burke.

Le mode opératoire classique en vase ouvert convient pour la détermination du pentahydrate primaire, mais pour obtenir les hydrates métastables nous avons dû utiliser de petites fioles coniques fermées par un bouchon de caoutchouc laissant passer, par un trou percé en son centre, un thermomètre. On réalise ainsi les conditions voulues pour se mettre

à l'abri des germes étrangers ou dus à la surchauffe et l'on peut déterminer les températures de dissolution des hydrates métastables obtenus par cristallisation.

De cette façon, on a pu reproduire les courbes déjà connues au-dessus de 0° du pentahydrate de Parmentier et Amat et de l'hexahydrate, puis, entre 0° et — 22°,5, nous avons prolongé ces courbes ainsi que celle de la glace. En outre, nous avons observé l'existence de deux nouveaux hydrates, l'un à 10^{mol} et l'autre probablement à 12^{mol} d'eau. Nous devons même mentionner l'existence d'un troisième hydrate pour lequel nous n'avons obtenu qu'un seul point à — 19°,8 et avec la concentration de 7^{mol}. Pour les concentrations comprises entre $7^{mol},5$ et 8^{mol} et suivant les conditions expérimentales réalisées, on peut arriver à observer la cristallisation de cinq hydrates différents.

En essorant les cristaux des hydrates à 10^{mol} d'eau à basse température, nous avons pu les isoler de leurs eaux mères. L'analyse a fourni ensuite les valeurs de $10^{mol},07$ et $10^{mol},17$ d'eau. Par contre, l'hydrate à 12^{mol} est trop instable pour être préparé ainsi; il se transforme pendant l'essorage.

Cette étude montre que dans la pratique de l'analyse thermique la courbe de refroidissement peut donner des résultats fort incomplets, surtout si l'on procède à des ensemencements. En étudiant, au contraire, systématiquement la cristallisation spontanée et à l'abri des germes étrangers, on peut, avec la courbe de réchauffement, observer de nouvelles combinaisons.

Il nous semble enfin évident que dans les solutions aqueuses d'hyposulfite les hydrates ne préexistent pas. On ne peut, en effet, expliquer d'une autre manière comment un seul d'entre eux cristallise pour les concentrations comprises entre $6^{mol},5$ et 8^{mol}, alors que cinq hydrates sont capables de se former par sursaturation successive des autres.

Loewel a donné une conclusion analogue après l'étude des hydrates du carbonate et du sulfate de soude, puis du sulfate de magnésie, pour lesquels on observe la sursaturation d'un seul hydrate.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Kaolins et bauxites fondus*. Note (¹) de M. A. BIGOT, présentée par M. Haller.

Nous avons décrit (²) les variations de volumes des kaolins et des bauxites sous l'action de la chaleur : nous nous proposons, dans la Note présente, de commencer l'étude de leur transformation chimique par la fusion.

On sait que la silice fondue est vitreuse, en état d'équilibre peu stable, se dévitrifiant facilement aux températures élevées (1600° par exemple) en perdant ses qualités de résistance mécanique. Il n'en est pas de même des kaolins et des bauxites.

Une bauxite blanche A, contenant 18 pour 100 de silice, chauffée à 1710°, commence à subir une transformation; elle présente des sortes de nodules sans cristallisation nette (voir la figure 1).

La même bauxite chauffée au delà de 1900° entre en fusion et se transforme en une masse cristalline formée de sillimanite $SiO^2.Al^2O^3$ et de corindon Al^2O^3 (voir la figure 2).

Une bauxite rouge B, contenant peu de silice et beaucoup d'oxyde de fer entre en fusion avant 1700° et se transforme en cristaux de corindon qui apparaissent répandus dans un magma noir (voir la figure 3).

Le kaolin de Plémet (Bretagne) C chauffé au dela de 1800° se transforme en une masse cristalline de sillimanite dans un milieu vitreux (voir la figure 4).

Ces bauxites et ce kaolin fondus ont les compositions suivantes :

	Bauxite A.	Bauxite B.	Kaolin C.
SiO^2	21,55	3,33	53,91
Al^2O^3	69,15	69,20	43,95
Fe^2O^3	3,41	21,18	0,59
TiO^2	5,69	4,65	»
CaO^2MgO	0,48	0,75	0,48
$Na^2O^2K^2O$	0,13	0,18	0,65

Si l'on suppose que la silice contenue dans la bauxite blanche s'est combinée, au moment de la fusion, avec assez d'alumine pour se transformer entièrement en sillimanite, il s'est formé 58,20 pour 100 de sillimanite et

(¹) Séance du 29 janvier 1924.
(²) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 854.

il reste 32,60 pour 100 d'alumine dont une partie cristallise, tandis que le reste se combine avec les autres éléments, en constituant des mélanges fondus et amorphes encore mal définis ; il se peut que ces mélanges renferment encore de la silice, car rien ne prouve que toute la silice de la bauxite se soit transformée en sillimanite.

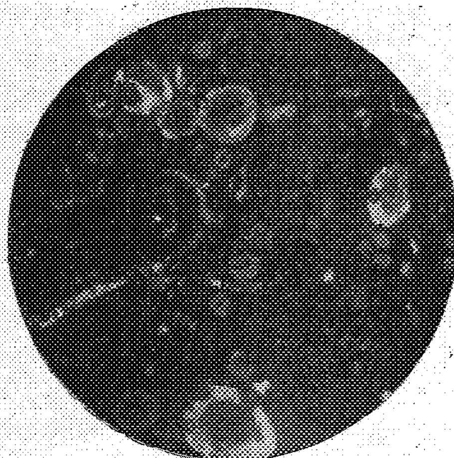


Fig. 1.

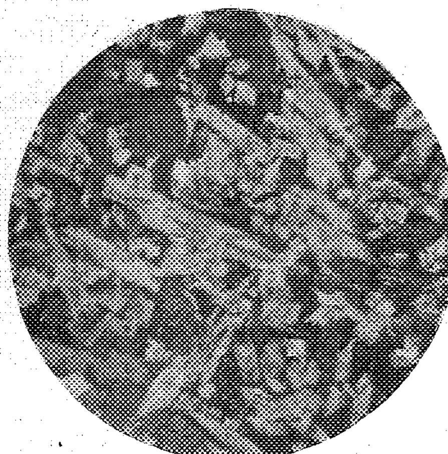


Fig. 2.

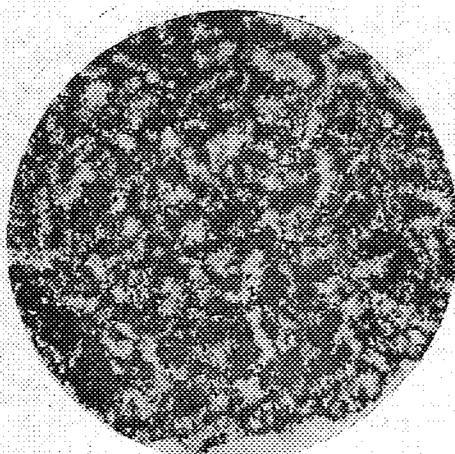


Fig. 3.

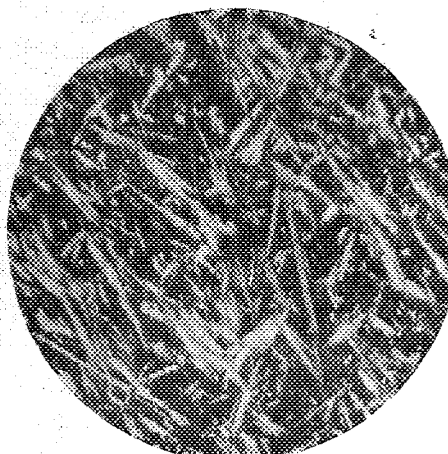


Fig. 4.

La bauxite blanche a pris, en fondant, son retrait total : elle est réfractaire, abrasive, et très résistante aux agents physiques et chimiques : elle a reçu des applications dans l'industrie des produits réfractaires.

Les cristaux de la bauxite rouge fondue sont constitués par du corindon ;

aussi ce produit est-il plus abrasif que la bauxite blanche fondue; on l'emploie, comme l'émeri naturel, dont la composition chimique est analogue, pour la fabrication des abrasifs.

Le kaolin fondu est comparable à la bauxite blanche fondue au point de vue réfractaire et abrasif, surtout lorsque ce kaolin est exempt d'alcalis et d'alcalino-terreux; mais il n'a pas encore reçu d'applications industrielles.

On sait que les porcelaines dures, cuites à haute température, subissent un commencement de ramollissement et que le kaolin qu'elles renferment se transforme partiellement en fines aiguilles de sillimanite. Cette formation cristalline intéresse la fabrication des isolateurs électriques en porcelaine destinés à supporter les fils conducteurs de courants à haute fréquence et à haut voltage; on a observé que la présence de ces cristaux dans les isolateurs accroît dans de grandes proportions leur résistance de rupture sous l'action des étincelles.

Si l'on suppose que toute l'alumine du kaolin fondu C s'est combinée avec la silice, on trouve 69,81 pour 100 de sillimanite et 28,05 pour 100 de silice fondue qui s'est combinée avec les autres éléments, oxyde de fer, alcalis et oxydes alcalino-terreux; en réalité, il est probable que toute l'alumine n'a pas cristallisé et qu'une partie reste en combinaison avec la silice fondue vitreuse.

Nous recherchons actuellement comment se comporte le kaolin quand on l'additionne, avant fusion, avec des proportions connues d'alumine ou de silice.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination de la masse moléculaire de quelques sels de sodium par cryoscopie dans l'hyposulfite de sodium hydraté et fondu.* Note de MM. **A. Boutaric**, **Ed. Chauvenet** et Mlle **Y. Nabot**, présentée par M. G. Urbain.

La détermination de la masse moléculaire des sels dissous daus l'eau présente des difficultés dues à leur ionisation d'une part, et, de l'autre, à l'hydrolyse plus ou moins profonde que subissent les sels faibles. Les recherches effectuées antérieurement par l'un de nous [1] sur la cryoscopie dans l'hyposulfite de sodium hydraté et fondu nous ont conduits à penser

---

[1] A. Boutaric, *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 876. — Ch. Leenhardt et A. Boutaric, *Bulletin de la Société chimique de France*, 4e série, t. 13, 1913, p. 651.

qu'on pourrait déterminer la masse moléculaire des sels de sodium en utilisant ce produit comme solvant cryoscopique. Dans ce solvant, en effet, les sels de sodium ne s'ionisent généralement pas et la cryoscopie permet de fixer la formule moléculaire.

Le tableau suivant résume le résultat des mesures relatives à quelques sels de sodium; la deuxième colonne donne la formule habituellement admise pour le sel et la masse moléculaire correspondante; la troisième colonne donne la masse moléculaire déterminée cryoscopiquement.

Nature du sel.	Masses moléculaires	
	théoriques.	calculées.
Chlorure : $ClNa$	58,5	58,7
Bromure : $BrNa$	103	98,8
Iodure : INa	150	147,9
Carbonate anhydre : CO^3Na^2	106	108
Nitrate : NO^3Na	85	81,5
Nitrite : NO^2Na	69	70,4
Sulfate anhydre : SO^4Na^2	142	303
Phosphate disodique anhydre : PO^4Na^2H	142	160
Borax anhydre : $B^4O^7Na^2$	202	140
Acétate anhydre : $CH^3—COONa$	82	83,2
Arséniate anhydre : AsO^4Na^2H	186	171

Pour la plupart des sels, la masse moléculaire déterminée cryoscopiquement est égale, aux erreurs d'expérience près, à la masse moléculaire théorique.

La valeur trouvée pour le borate est trop faible, ce qui peut s'expliquer par l'hydrolyse subie par ce sel; la valeur obtenue pour le sulfate de sodium anhydre indique soit une polymération du sel voisine de $(SO^4Na^2)^2$, soit la formation d'un complexe entre le sulfate et l'hyposulfite; la première hypothèse nous paraît la plus vraisemblable. Les essais que nous avons faits sur le fluorure et sur le sulfite n'ont fourni aucun résultat concluant, ces sels n'étant pas suffisamment solubles dans l'hyposulfite; enfin, la solution fournie par le phosphate présentait toujours un résidu perceptible, ce qui peut expliquer le nombre un peu trop fort relatif à ce sel.

En résumé, l'hyposulfite de sodium hydraté et fondu est un bon solvant cryoscopique des sels de sodium, et ce produit convient à la détermination des masses moléculaires des sels sodiques, particulièrement des sels des acides forts et moyens.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'action de la pipéridine sur l'α-bromobenzalacétophénone; obtention d'une α-dicétone nouvelle, le phénylbenzylglyoxal.* Note de MM. **Charles Dufraisse** et **Henri Moureu**, présentée par M. Haller.

Au cours d'un travail précédent (1), l'un de nous a mis en évidence l'exceptionnelle réactivité de la liaison éthylénique du benzoylphénylbrométhylène (α-bromobenzalacétophénone) $C^6H^5 - CO - CBr = CH - C^6H^5$. Cette substance, en effet, sous l'influence des alcoolates alcalins, fixe une molécule d'alcool pour donner un composé saturé stable : l'α-bromo-β-alcoxybenzylacétophénone $C^6H^5 - CO - CHBr - CH(OR) - C^6H^5$.

Cette réactivité est à rapprocher de celle de la liaison acétylénique, dont Charles Moureu et ses élèves (1903 et suiv.) ont montré, dans les composés les plus variés, la grande aptitude à fixer une molécule d'alcool.

Le rapprochement entre ces deux types de réactions est rendu particulièrement saisissant quand on les examine parallèlement sur les deux cétones de même squelette carboné : la cétone éthylénique qui nous occupe et le benzoylphénylacétylène $C^6H^5 - CO - C \equiv C - C^6H^5$. Dans les deux cas, on utilise le même catalyseur (alcoolate alcalin) et l'on observe le même mode de fixation de l'alcool (reste alcoxy, R — O, placé en β par rapport au carbonyle) : on peut ainsi préparer le même dérivé alcoxylé $C^6H^5 - CO - CH = C(OR) - C^6H^5$, aussi bien à partir du benzoylphénylacétylène (fixation pure et simple d'alcool) qu'à partir de la bromobenzalacétophénone (fixation d'alcool, puis élimination de HBr).

Cette étroite analogie se poursuit-elle vis-à-vis des autres réactifs ? Telle a été notre première préoccupation, et nous avons pensé tout d'abord à étudier, parallèlement à l'action des alcools, l'action des amines, qui sont avidement absorbées par les composés acétyléniques, comme l'ont encore montré Charles Moureu et ses collaborateurs.

Watson (*Chem. Soc.*, t. 85, 1904, p. 1322) a justement étudié l'action de la pipéridine sur la bromobenzalacétophénone. Il en a retiré deux composés, dont l'un retiendra seul notre attention pour le moment : c'est une pipéridinobenzalacétophénone, à laquelle l'auteur attribue la formule $C^6H^5 - CO - CH = C(NC^5H^{10}) - C^6H^5$.

(1) Ch. Dufraisse et P. Gérald, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 31, 1922, p. 1285.

Au premier abord les expériences de Watson semblaient démontrer l'analogie complète du mode d'action de la pipéridine avec celui d'un alcool. On pouvait admettre, en effet, comme dans le cas d'un alcool, tout d'abord une fixation du réactif sur la double liaison, avec formation d'un composé saturé $C^6H^5 - CO - CHBr - CH(NC^5H^{10}) - C^6H^5$, puis une élimination de HBr, sous l'influence de la base en excès, avec formation du composé éthylénique $C^6H^5 - CO - CH = C(N^5H^{10}) - C^6H^5$, le même composé éthylénique étant obtenu également par fixation de pipéridine sur le benzoylphénylacétylène.

Nos recherches n'ont pas confirmé cette supposition, et elles nous ont même contraints à rejeter la formule adoptée par Watson pour le composé éthylénique qu'il avait obtenu. En voici les grandes lignes :

1° *Le composé saturé.* — Nous avons recherché en premier lieu si, comme dans le cas des alcools, la pipéridine n'agissait pas tout d'abord en se fixant sur la double liaison pour donner ainsi un dérivé saturé. En procédant avec des précautions spéciales, nous avons réussi à obtenir un tel composé, dont l'apparition, très éphémère, avait échappé à Watson : c'est une substance jaune pâle (fus. inst. 164°), très instable, même dans le vide et à l'obscurité, rapidement altérable à l'air, très sensible à l'action des alcalis, peu soluble dans la plupart des solvants, donnant avec les acides des sels stables et solubles surtout à chaud dans l'eau et l'alcool. Ce composé, que nous désignerons sous le nom de corps A, se trouve être, comme nous l'avons observé expérimentalement, le terme intermédiaire, la substance mère des deux dérivés isolés par Watson.

En ce qui concerne la constitution du corps A, on ne peut hésiter qu'entre deux formules : $C^6H^5 - CO - CHBr - CH(NC^5H^{10})C^6H^5$ et $C^6H^5 - CO - CBr(NC^5H^{10}) - CH^2 - C^6H^5$. Les réactions qui suivent vont nous fixer.

2° *Les deux pipéridinobenzalacétophénones.* — Le corps A, traité par une molécule d'alcali en solution alcoolique, perd une molécule HBr, en donnant exclusivement naissance à une substance rouge rubis, qui n'est autre que la pipéridinobenzalacétophénone de Watson.

Si l'analogie avec la série des réactions observées avec les alcools avait été complète, *on aurait dû obtenir le même corps rouge par fixation de la pipéridine sur le benzoylphénylacétylène.*

Or cette dernière réaction a été précisément effectuée par E. André (*Ann. Chim. Phys.*, 8e série t. 29, 1913, p. 577), mais le produit jaune pâle obtenu diffère du précédent par tous ses caractères et ne saurait être con-

fondu avec lui. Sa constitution a été établie par l'auteur au moyen d'une réaction d'hydrolyse qui fournit exclusivement du dibenzoylméthane $C^6H^5 - CO - CH^2 - CO - C^6H^5$. Le corps décrit par E. André est une β-pipéridinobenzalacétophénone $C^6H^5 - CO - CH = C(NC^5H^{10}) - C^6H^5$. La constitution du corps rouge restait donc à déterminer : ce pouvait être ou bien un isomère stéréochimique du composé d'André, ou bien un isomère de position en α.

3° *Le phénylbenzylglyoxal.* — Nous sommes parvenus à hydrolyser régulièrement le corps rouge par les acides : il en est résulté une substance jaune pâle (fus. inst. 67°-68°), stable dans le vide, mais très altérable à l'air, très soluble dans tous les solvants organiques. La composition centésimale de cette substance est la même que celle du dibenzoylméthane, mais tous ces caractères la distinguent de cette dicétone.

Pour en fixer la constitution, nous l'avons traitée par l'hydroxylamine, et nous avons extrait des produits de la réaction une substance qui n'est autre que l'une des monoximes du phénylbenzylglyoxal (isonitrosobenzylacétophénone) $C^6H^5 - CO - C(=NOH) - CH^2 - C^6H^5$; ce composé avait été préparé autrefois, en particulier, par Schneidewind (*Ber.*, t. 21, 1888, p. 1326).

Le produit d'hydrolyse du corps rouge a donc la formule



$$C^6H^5 - CO - CO - CH^2 - C^6H^5,$$

ce qui entraîne pour le corps rouge lui-même la formule



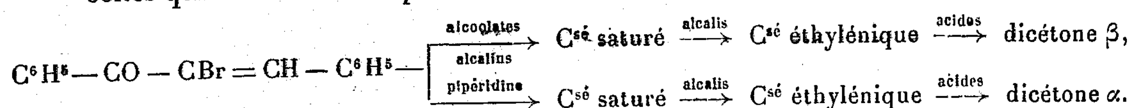
$$C^6H^5 - CO - C(NC^5H^{10}) = CH - C^6H^5,$$

et pour le corps A la formule assez singulière



$$C^6H^5 - CO - CBr(NC^5H^{10}) - CH^2 - C^6H^5.$$

Rapprochons maintenant les réactions rappelées au début de la Note de celles qui vient d'être exposées :



$$C^6H^5 - CO - CBr = CH - C^6H^5 - \begin{cases} \xrightarrow{\text{alcoolates}} C^{sé} \text{ saturé} \xrightarrow{\text{alcalis}} C^{sé} \text{ éthylénique} \xrightarrow{\text{acides}} \text{dicétone } \beta, \\ \text{alcalins} \\ \xrightarrow{\text{pipéridine}} C^{sé} \text{ saturé} \xrightarrow{\text{alcalis}} C^{sé} \text{ éthylénique} \xrightarrow{\text{acides}} \text{dicétone } \alpha. \end{cases}$$

Les divers rendements étant excellents, nous aboutissons à la curieuse conclusion suivante : *on peut, par des transformations régulières d'un seul et même corps, préparer avantageusement, à volonté, soit une dicétone β, soit une dicétone α.*

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation sulfochromique et β-oxydation.* Note (1) de M. **Michel Polonovski**, présentée par M. Charles Moureu.

La théorie biologique de la β-oxydation des acides gras (Knoop) a déjà été en partie confirmée par l'oxydation *in vitro* de ces acides, soit par H^2O^2, en présence d'une trace de sulfate ferreux (Dakin), soit par un persulfate (Neubauer); il a été constaté que l'attaque s'opérait alors principalement sur le carbone situé en β par rapport au carboxyle.

Nous avons recherché si nous ne pouvions également mettre en évidence l'oxydation en β des acides gras, à l'aide du mélange sulfochromique contrairement aux conclusions que M. Simon avait cru dernièrement pouvoir déduire de ses expériences. Nous nous sommes adressé pour cela à un mélange sulfochromique faible, afin de réaliser une oxydation ménagée, et nous avons suivi la marche de la réaction, en déterminant, en fonction du temps, la quantité d'oxygène fixée, à température constante, par une même unité d'acide gras (acide acétique, propionqiue, butyrique, valérianique, etc.).

Nous avons suivi pour la détermination de ces *indices chromiques*, la technique que nous avons publiée il y a deux ans (2).

1^{cm^3} d'une solution au millième de chacun de ces acides est additionné de 10^{cm^3} d'un mélange à parties égales de SO^4H^2 et d'une solution de $Cr^2O^7K^2\,\frac{N}{20}$. On porte le tout à 100° pendant un temps déterminé, puis, après refroidissement, dilution et addition de 1^{cm^3} d'une solution d'iodure de potassium à 10 pour 100, on dose l'iode, mis en liberté par l'acide chromique restant, à l'aide d'une solution d'hyposulfite $\frac{N}{40}$ en présence d'empois d'amidon. On effectue la même détermination sur un tube témoin contenant, à la place de la solution d'acide gras, 1^{cm^3} d'eau distillée. On ramène enfin, par calcul, les quantités trouvées, en atomes d'oxygène par molécule d'acide étudié.

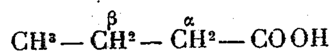
Dans ces conditions l'acide acétique CH^3-COOH reste complètement inaltéré.

L'acide propionique $CH^3-\overset{\alpha}{C}H^2-COOH$ qui ne possède qu'un CH^2 en α se transforme par une lente oxydation en acide pyruvique, puis acétique.

(1) Séance du 21 janvier 1924.

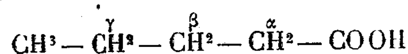
(2) Polonovski, *C. R. Soc. Biologie*, t. 86, p. 853.

Les trois atomes d'oxygène nécessités par cette oxydation sont à peine atteints au bout de 3 heures de chauffe. Au contraire, l'acide butyrique



$$CH^3-\overset{\beta}{C}H^2-\overset{\alpha}{C}H^2-COOH$$

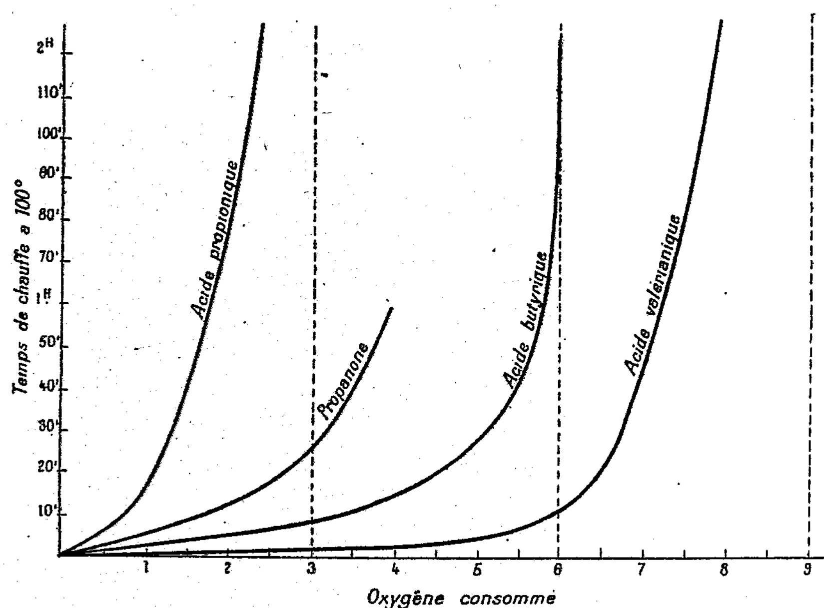
et l'acide valérianique



$$CH^3-\overset{\gamma}{C}H^2-\overset{\beta}{C}H^2-\overset{\alpha}{C}H^2-COOH$$

sont eux, comme l'indiquent les courbes ci-dessous, attaqués par leur carbone β.

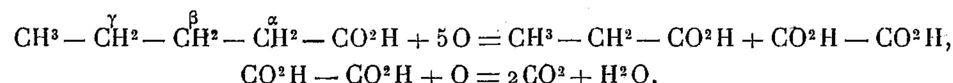
En effet, si l'acide butyrique s'oxydait principalement en α il passerait par le stade d'acide propionique, et l'on aurait forcément alors une oxydation



ralentie, la différence de consommation d'oxygène entre les deux acides ne pouvant jamais dépasser les 3 oxygènes nécessaires à transformer l'acide butyrique en acide propionique. Oxydé en β il passe au contraire par le stade acétylacétique qui, à 100°, est transformé très rapidement par notre mélange oxydant en acide acétique, CO^2 et H^2O.

L'acide valérianique, de même, est attaqué par son carbone β, mais en passant par le stade de propionique, d'où le ralentissement marqué de l'oxydation, dès que les 6 oxygènes nécessaires à former ce dernier acide

et à brûler les chaînons terminaux sont fournis :



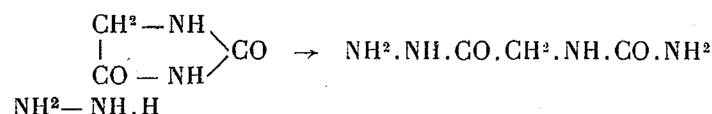
$$CH^3-\overset{\gamma}{C}H^2-\overset{\beta}{C}H^2-\overset{\alpha}{C}H^2-CO^2H+5O=CH^3-CH^2-CO^2H+CO^2H-CO^2H,$$
$$CO^2H-CO^2H+O=2CO^2+H^2O.$$

Si l'oxydation se faisait en α, l'acide valérianique aurait donné de l'acide butyrique qui, à son tour, très rapidement, se trouverait oxydé en acide acétique. Une oxydation en γ donnerait à côté de l'acide acétique de l'acide malonique qui, ainsi que nous l'avons constaté, se trouve, dans nos conditions d'expérience, complètement brûlé en CO^2 et H^2O en moins de 5 minutes. Il est donc indubitable que l'oxydation procède bien ici en grande partie par le CH^2 situé en β. Nous tenons pourtant à ajouter que nous avons constaté la formation d'acétone au cours de cette oxydation.

Nous poursuivons l'étude de ces oxydations sur les acides gras supérieurs et les acides bibasiques.

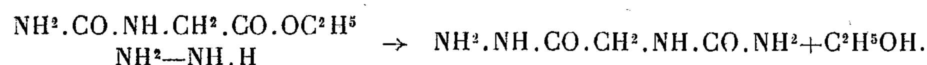
CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Action de l'hydrazine sur l'hydantoïne et l'allantoïne.* Note de MM. **R. Fosse**, **Ph. Hagène** et **R. Dubois**, présentée par M. Roux.

1. *L'hydrazine se fixe sur l'hydantoïne en ouvrant la chaîne fermée pour former l'hydantoyl-hydrazide*



$$\begin{matrix} CH^2-NH \\ | \\ CO-NH \end{matrix}\!\!>\!CO \quad \rightarrow \quad NH^2.NH.CO.CH^2.NH.CO.NH^2$$
$$NH^2-NH.H$$

que nous avons déjà obtenue par l'action de la même base sur l'hydantoate d'éthyle (¹)



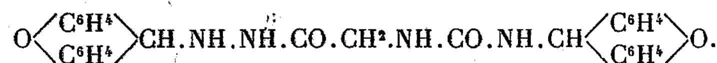
$$\begin{matrix} NH^2.CO.NH.CH^2.CO.OC^2H^5 \\ NH^2-NH.H \end{matrix} \rightarrow NH^2.NH.CO.CH^2.NH.CO.NH^2+C^2H^5OH.$$

a. La première réaction se produit aussi aisément que la seconde : il suffit de triturer l'hydantoïne (1^g) avec l'hydrate d'hydrazine (2^{cm^3}). La solution, abandonnée à la température du laboratoire, se solidifie en

(¹) R. Fosse, Ph. Hagène et R. Dubois, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 333.

masse cristallisée blanche, qu'on broye avec de l'alcool, qu'on essore, qu'on dissout dans l'eau froide et qu'on précipite par addition d'alcool.

b. Ainsi que nous l'avons établi, le xanthydrol transforme l'hydantoyl-hydrazide en composé dixanthylé



$$O\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right\rangle CH.NH.NH.CO.CH^2.NH.CO.NH.CH\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right\rangle O.$$

Ce corps, difficilement soluble et cristallisable, peut être obtenu directement pur à l'analyse.

Expérience. — L'hydantoyl-hydrazide, en solution aqueuse à $\frac{1}{100}$, reçoit deux volumes d'acide acétique et du xanthydrol méthylique à $\frac{1}{10}$, un vingtième du volume total. De petits grains blancs, volumineux, formés au microscope de fines aiguilles groupées, très serrées les unes contre les autres, apparaissent.

Analyse de la matière, brute, lavée à l'alcool, recueillie le lendemain: trouvé N pour 100, 11,2; calculé pour $C^{29}H^{24}O^4N^4$: N pour 100, 11,3.

c. Les aldéhydes aromatiques précipitent aisément l'hydantoyl-hydrazide en solution aqueuse à l'état d'hydantoyl-hydrazones cristallisées, peu solubles.

La *benzilidène-hydantoyl-hydrazone*



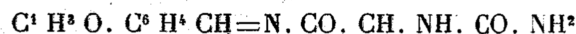
$$C^6H^5.CH{=}N.NH.CO.CH^2NH.CO.NH^2$$

se sépare à l'état de volumineux flocons, formés au microscope de jolies aiguilles groupées, caractéristiques, rappelant la dixanthylurée, cristallisée de l'alcool, lorsqu'on agite l'hydantoyl-hydrazide ($0^g,25$), dissoute dans l'eau (150^{cm^3}), avec de l'aldéhyde benzoïque ($0^{cm^3},5$).

Analyse de la matière recristallisée de l'eau chaude : trouvé N pour 100, 25,8; calculé N pour $C^{10}H^{12}O^2N^4$: pour 100, 25,5.

Fusion-décomposition : 206°, 208°, 209°, suivant la vitesse de chauffage du bain.

La *p-méthoxybenzilidène-hydantoyl-hydrazone*

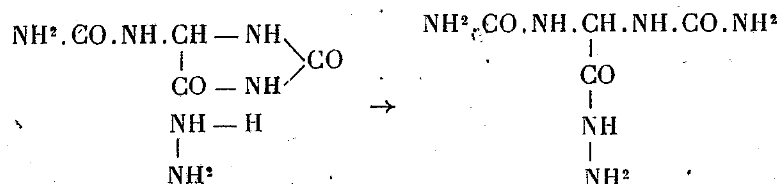


$$C^1H^3O.C^6H^4CH{=}N.CO.CH.NH.CO.NH^2$$

obtenue, comme le corps précédent, par l'action de l'aldéhyde anisique, se présente en cristaux groupés de l'eau chaude, se colorant vers 215° ou 220°, pour fondre ensuite vers 220° ou 227°, suivant la lenteur de l'élévation de la température.

Analyse. — Trouvé : N pour 100, 21,68. Théorie pour $C^{11}H^{14}O^3N^4$: N pour 100, 22,4.

2. *L'allantoïne se conduit comme l'hydantoïne au contact de l'hydrazine; elle fixe cette base, scinde son noyau et se transforme en hydrazide de l'acide allantoïque ou diuréido-glyoxylhydrazide :*



a. On obtient ce nouvel uréide en dissolvant par trituration l'allantoïne ($1^g,0$) dans l'hydrate d'hydrazine ($3^{cm^3},5$). On lave à l'alcool les cristaux formés par la solution abandonnée à la température ordinaire et on les soumet à plusieurs recristallisations en les dissolvant dans de l'eau portée à 65°. Le corps, séché au-dessus de l'acide sulfurique jusqu'à poids constant, retient une molécule d'eau de cristallisation et répond à la formule



$$NH^2.NH.CO.CH(NH.CO.NH^2)^2 + H^2O.$$

Analyse. — Trouvé : N pour 100, 40,2; 40,6; 40,6; 40,1. Théorie : N pour 100, 40,2.

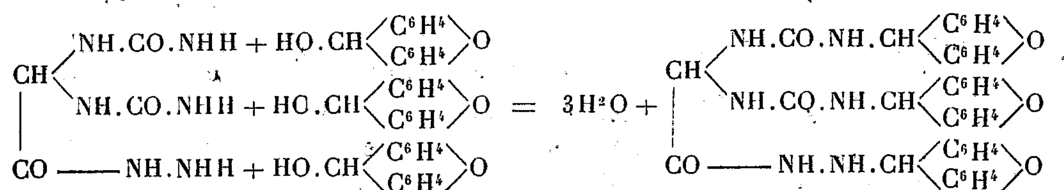
La molécule d'eau disparaît lentement par long chauffage dans le vide au-dessous de 80°.

Analyse. — Eau perdue pour 100 : trouvé, 8,6; théorie, 8,6.

N pour 100 : trouvé, 43,74. Théorie pour $C^4H^{10}O^3N^6$: N pour 100 : 44,21.

Fusion-décomposition : 185° (n. c.).

b. L'allantoyl-hydrazide s'unit à trois molécules de xanthydrol en formant trois molécules d'eau et un dérivé trixanthylé, résultant du remplacement d'un atome d'hydrogène de chaque groupe NH^2 par le radical xanthyle :



Analyse. — Trouvé : N pour 100, 11,7; 11,4. Théorie pour $C^{43}H^{34}O^6N^6$: N pour 100 : 11,5.

Fusion-décomposition : 223°-225° (n. c.).

3. *Même à la dose d'un centième de milligramme, l'hydantoyl-hydrazide et l'allantoyl-hydrazide peuvent être aisément décelées en suivant la méthode qui sera ultérieurement décrite.*

MINÉRALOGIE. — *Sur la constitution minéralogique des bauxites et des calcaires au contact desquels on les trouve.* Note de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. Pierre Termier.

On donne, en France, le nom de bauxite à des roches alumineuses, plus ou moins ferriques et plus ou moins siliceuses dont un grand nombre de types peut être utilisé comme minerai d'aluminium. On les trouve dans une région du Midi, en particulier dans l'Ariège, dans les Corbières, en Provence et dans le Var. Elles reposent sur des calcaires marins dont l'âge va du Lias au Crétacé inférieur; elles supportent, en certains points, des calcaires lacustres qui marquent la fin des temps secondaires.

Ce sont des roches blanches, roses ou rouges, qu'on a fréquemment analysées chimiquement et qui furent l'objet d'importantes communications de divers savants, en particulier d'Henri Sainte-Claire Deville. On a jadis longuement discuté de leur origine; les géologues s'accordent maintenant à les considérer comme le produit de la transformation de minéraux silico-alumineux qui se serait accomplie lors de l'émersion, dans les temps crétacés, des régions qui nous les offrent actuellement.

Si les bauxites de France sont donc bien connues tant au point de vue de leur constitution chimique qu'au point de vue de leurs conditions de gisement, elles ne laissaient pas d'être énigmatiques au point de vue de leur constitution minéralogique, et l'on a couramment admis que leurs matériaux sont complètement amorphes.

Une étude lithologique de divers types de ces bauxites françaises vient de me montrer qu'il n'en est pas ainsi, et qu'on y peut observer, à l'état de minéraux formés *in situ*, l'hydrate d'alumine cristallisé auquel on donne le nom d'hydrargillite ($Al^2O^3 3H^2O$), l'argile dite kaolinite ($2SiO^2 Al^2O^3 2H^2O$), une autre argile cristalline affectant une structure membraneuse et qu'il faut identifier à l'halloysite, de très menus cristaux d'hématite (Fe^2O^3) et de petits cristaux de goethite ($Fe^2O^3 H^2O$), une quantité de prismes de rutile (TiO^2), minéraux souvent unis, à la vérité, à un produit qui ne montre aucune texture cristalline et qu'on doit considérer comme un hydrate d'alumine amorphe, mais qui parfois ne se trouve qu'en masse réduite.

Tel type de bauxite de la région des Alpines, provenant des gisements qui avoisinent la vieille cité provençale des Baux, se présente comme un amas de pisolites écailleux, à croûtes ferriques, cimentés soit par une kaolinite très finement cristallisée, soit par une matière elle-même ferrique. La kaolinite apparaît au microscope comme saupoudrée de rutile et d'hématite et, par places, elle est chargée d'une multitude de petits cristaux de goethite, parfaitement nets, de couleur jaune, parmi lesquels des grains d'hématite semblent des gouttes de sang; et c'est un mélange de goethite et d'hématite qui constitue d'autre part le ciment des pisolites quand il est purement ferrique.

La masse des pisolites est souvent faite de kaolinite et l'on y voit de l'hydrargillite en cristaux nets qui se sont produits à partir de la surface interne de la croûte ferrique du pisolite, antérieurement à la cristallisation de la kaolinite. En lames très minces, on peut observer que cette croûte même est constituée par un agrégat de cristaux rouges d'hématite.

De la même région, tels autres types de bauxite, qui sont de teinte générale rose ou lie de vin, montrent dans leur masse des grains plus blancs et des grains plus colorés.

Les premiers sont faits d'un hydrate amorphe que pigmente légèrement de très petits cristaux d'hématite et qui contient en quelques cas des cristaux d'hydrargillite. Les seconds sont essentiellement ferriques; ils montrent parfois une structure écailleuse, sont craquelés, et leurs craquelures sont remplies d'hydrargillite; leur matière est faite d'un agrégat de cristaux d'hématite. Dans la masse de ces roches on voit de l'halloysite membraneuse, en quantité plus ou moins grande, qui fait figure de filasses chargées de menus granules d'hématite. Cette halloysite est associée à un hydrate amorphe. Le rutile, en forme de petits prismes, est abondamment répandu dans toutes ces roches.

Les bauxites de Villeveyrac (Hérault) sont très riches en hydrargillite, et contiennent parfois un peu de kaolinite. Elles sont pisolitiques et l'on voit encore que des cristaux d'hydrargillite se sont produits dans les craquelures des pisolites. Du rutile, en très grande abondance, charge la roche.

Toutes les bauxites qu'on peut observer en France réalisent, à quelques variantes près sans grande importance, les diverses manières d'être de celles qui viennent d'être citées. Elles sont plus ou moins riches en hydrargillite, plus ou moins riches en kaolinite, plus ou moins riches en halloysite, plus ou moins ferriques. Certaines d'entre elles sont bien plutôt des argiles bauxitiques que des bauxites. Toutes sont caractérisées par la présence d'une quantité de rutile qui semble bien suffire à légitimer les proportions de titane fournies par les analyses chimiques. Les cristaux de ce minéral sont, d'ailleurs, fort petits; la longueur des plus gros d'entre eux n'atteint guère que 7 millièmes de millimètre.

Dans les calcaires qui sont au voisinage immédiat des bauxites et dans lesquels celles-ci semblent emplir des poches, on retrouve certains de leurs constituants minéraux, en particulier la kaolinite, une poussière d'hématite et du rutile. Ces calcaires sont d'ailleurs rubéfiés, et la question se pose de

savoir si leur fer et leur kaolinite émanent des éléments primordiaux de la masse des bauxites ou s'il faut attribuer leur présence à un phénomène identique à celui qui a permis leur production au sein des bauxites elles-mêmes, la kaolinisation et la rubéfaction des calcaires résultant en ce cas du même phénomène auquel est due la production des bauxites, résultant de la transformation de phyllites titanifères. Ces phyllites, chargeant primitivement le calcaire, eussent fourni, après décalcification de celui-ci, les éléments de la bauxite.

Les calcaires lacustres qui surmontent par places les bauxites et qui affectent souvent une structure « en plaquettes » sont bigarrés et de teinte rosée dominante; ils contiennent des lits noduleux, dont les nodules sont faits de concrétions de calcite précipitées sur un fragment de calcaire lacustre massif. Plaquettes bigarrées et concrétions sont chargées de kaolinite, d'halloysite, d'hématite cristallisée et de rutile qui font corps avec un hydrate amorphe et dont l'ensemble a la constitution d'une bauxite. On voit très bien que ces parties bauxitiques des calcaires lacustres ont pris naissance après la cristallisation du calcaire et qu'elles en moulent les cristaux de calcite dans les zones concrétionnées. Ce fait est intéressant, car il montre que la formation de la bauxite n'eût pas seulement lieu à l'époque aptienne ainsi qu'on l'enseigne souvent, mais qu'elle s'est poursuivie jusqu'à la fin des temps crétacés là où des calcaires restaient émergés; ce à quoi, d'ailleurs, il était naturel de s'attendre.

GÉOPHYSIQUE. — *La genèse des continents et des mers.* Note de M. Émile Belot, présentée par M. Pierre Termier.

On fait quelque bruit aujourd'hui autour des théories assez hardies que Wegener a exposées dans un livre qui a le même titre que cette Note. Adoptant la terminologie de Suess, il admet que la matière première des continents était primitivement concentrée en un seul bloc et était formée de *sal* implanté dans le *Sima* jusqu'à une profondeur précisée par l'isostasie (environ 100^{km}). Aucune explication ne nous est donnée sur la ségrégation du sal d'avec le sima plus dense, ni sur la concentration en un seul bloc du sal continental, ni sur les forces de disjonction qui ont divisé ce bloc et fait dériver ses parties, les unes (Amérique) à l'Ouest, les autres (Inde et Australie) à l'Est ou au Nord-Est du sud de l'Afrique; ces déplacements auraient dû laisser le sal au fond du Pacifique et mettre à nu le sima dans

l'Atlantique, océan qui devrait être plus profond que le Pacifique, alors que c'est l'inverse qui a lieu. Il y a d'ailleurs une omission bien inquiétante dans la théorie de Wegener : nulle part il ne fait mention de l'eau comme agent d'action dans l'architecture continentale; et cependant l'eau est le principal des matériaux géologiques dans les 10 premiers kilomètres d'épaisseur de l'écorce. En outre, c'est le seul qui multiplie son action par la chaleur en s'évaporant et se condensant tour à tour. Il serait donc erroné de juger de l'importance de l'eau par sa masse statique qui équivaut à 3000^m de hauteur sur toute la surface de la Terre; pour refroidir son noyau anhydre à l'origine de 1100° (température où une croûte solide commence à se former) jusqu'à 100°, il a fallu que l'eau totale des océans dont la vapeur servait de véhicule aux calories du noyau pour les porter dans les hautes régions froides de l'atmosphère, se vaporisât environ 33 fois; c'est comme s'il était tombé sur la Terre un déluge de 99^{km} de hauteur sur toute sa surface. Voilà l'énorme dynamisme qu'a négligé Wegener. Si l'eau est actuellement encore le principal agent de sculpture des reliefs continentaux, si elle entre (1,5 pour 100) à l'état d'inclusion ou de constitution dans des roches fondamentales comme le granit et le gneiss, ainsi qu'il résulte des beaux travaux d'Armand Gautier, quelle devait être la puissance de son action à l'époque primitive où elle travaillait sur les matériaux de l'écorce sous une pression de plusieurs centaines d'atmosphères et à une température pouvant aller jusqu'à la température critique de l'eau (365°)? Alors l'eau de la mer était non seulement saturée de sels haloïdes, mais, dissolvant en outre la silice et les silicates, elle devait avoir au début une densité voisine de 2, et exercer une action dynamique et pétrogénétique inconnue aujourd'hui.

Si l'eau était tombée de l'atmosphère primitive uniformément sur toute la Terre, on ne voit pas comment les continents auraient pu émerger de cette « Panthalassa » de 3000^m de profondeur; ou, s'ils y avaient réussi, comment l'Architecture terrestre aurait eu ce caractère typique d'un hémisphère continental opposé à un hémisphère marin.

Or avant la première édition du livre de Wegener (1915), dans deux Notes présentées à l'Académie en 1914 ([1]), complétées par une Note du 19 juin 1916 et développées en 1918 dans mon livre : *Origine des formes de la Terre*, je crois avoir résolu les problèmes posés par Wegener et élucidé les questions qu'il a laissées sans réponse.

([1]) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 647, et t. 159, 1914, p. 89.

J'ai montré, en effet, que par suite de la translation de la Terre à travers la nébuleuse et dans la direction Nord de son axe, les torrents du déluge primitif ont dû tomber de l'atmosphère sur l'Antarctide, éroder ainsi le noyau anhydre, transportant le sal dans l'hémisphère boréal et surimposant ces matériaux d'érosion à la croûte non érodée (sima + sal), de telle sorte que les plus denses, les derniers érodés, avaient tendance à recouvrir les plus légers. Mais ce transport du sal dans les régions boréales n'aurait pas suffi à édifier les socles continentaux : l'arrivée unipolaire de l'eau, par son poids sur l'hémisphère Pacifique Sud, a agi pour faire surgir aux antipodes (loi des antipodes) un poids égal de la croûte primitive, même avant le transport du sal érodé; d'ailleurs les torrents transportant ces matériaux d'érosion en divergeant du Sud vers l'Équateur ont formé en pointe les soubassements profonds des continents et presqu'îles.

On voit qu'il ne reste dans les grands fonds océaniques après cette érosion que les roches denses les plus riches en fer : aussi on constate que l'aimant terrestre a ses pôles plus près du Pacifique que de l'hémisphère opposé et que son pôle austral est plus intense que l'autre (2,05 contre 1,62).

C'est en partant de l'hypothèse du déluge austral primitif, suggérée par la Cosmogonie, que j'ai pu trouver les lois de distribution des mers et continents au niveau de l'isobathe de 2000^m qui marque celui du noyau anhydre primitif. Et c'est dans ces 2000^m qu'ont dû osciller les transgressions marines étudiées par la Géologie.

Peut-on maintenant admettre, avec Wegener, que certains socles continentaux ont voyagé dans le sima depuis l'origine? Oui; mais dans des conditions bien différentes de celles qu'a imaginées le géophysicien allemand : *aucun socle ne peut dériver autrement qu'entraîné par le sima en mouvement dans lequel il est profondément ancré*. Or j'ai pu établir que des mouvements du magma igné se sont produits systématiquement à l'origine. D'une part la rotation du noyau terrestre lui a été conférée par la condensation sphérique d'un tourbillon cylindrique de rayon 0,35. En négligeant tous les frottements de la matière, la vitesse sur chaque parallèle aurait varié suivant la loi des aires en raison inverse des cosinus de la latitude, soit de 1 à la latitude 70° à 0,28 à l'Équateur. C'est-à-dire que tous les socles boréaux et austraux auraient été entraînés par le sima vers l'Est par rapport aux socles équatoriaux. Mais un second mouvement s'est superposé à celui-ci : la pression de la nébuleuse à l'origine et par suite son frottement s'est exercé sur la région boréale qui représentait l'avant du projectile terrestre; par suite la rotation a été plus enrayée dans l'hémi-

sphère Nord que dans l'autre. Ces deux effets s'ajoutent dans l'hémisphère Sud pour porter en effet les trois socles des continents austraux à l'est des continents boréaux. Dans l'hémisphère Nord les deux effets semblent s'être produits successivement, les côtes Est de l'Asie et de l'Amérique du Nord ainsi que les côtes occidentales de l'Europe étant nettement dirigées vers le Nord-Est, tandis que la côte Pacifique de l'Amérique du Nord est dirigée vers le Nord-Ouest.

A toutes ces précisions de notre théorie, on peut ajouter les suivantes : Les creusures profondes de l'Antarctide (mer de Ross et de Weddell) marquent bien le passage torrentiel des courants descendant de l'Antarctide pour remplir les Océans Pacifique et Atlantique. Par contre, aucune creusure semblable ne découpe l'Antarctide en face de l'Océan Indien qui s'est rempli par le Sud de l'Afrique et de la Nouvelle-Zélande. C'est l'Océan Pacifique qui a dû se remplir le premier presque en même temps que l'Océan continu qui entoure l'Antarctide au pourtour duquel s'édifia vers la latitude — 50° un barrage de sal par les matériaux d'érosion. C'est seulement quand le Pacifique eut reçu un excès d'eau que le barrage rompu permit le remplissage de l'Océan Atlantique et du Nord-Ouest de l'Océan Indien. On comprend dès lors la différence des types des côtes Pacifique et Atlantique.

En résumé la théorie du déluge austral primitif dont nous avons donné le principe dès 1914 semble résoudre le problème de la genèse des continents et des mers sans se heurter aux objections que suscite la théorie de Wegener.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *De l'état des tannins dans la cellule végétale.* Note de M. **Michel-Durand**, présentée par M. Molliard.

Les recherches microchimiques récentes ont fait entrer l'étude du rôle physiologique des tannins dans une voie nouvelle.

On savait déjà que les principes tanniques sont localisés dans la vacuole des cellules végétales vivantes; les recherches de Lloyd, Clark, Mell, viennent de mettre en évidence à côté des tannins, dans les vacuoles, l'existence de substances qui semblent être en union plus ou moins intime avec les principes tanniques. C'est ainsi qu'en opérant sur l'*Eriogonum nudum*, Lloyd (1) montre que deux substances sont pré-

(1) Lloyd, *The occurence and functions of tannin in the living cell.* (*Transact. of the Royal Soc. of Canada*, 3e série, mai 1922).

sentes dans les cellules tannifères : le tannin lui-même et une autre substance qui possède les propriétés physiques d'un gel. Clark (¹) fait des observations analogues en étudiant le fruit du *Diospyros* (Kaki); il considère la substance qui accompagne le tannin comme un principe hydrocarboné voisin de la cellulose, mais capable de prendre une consistance gélatineuse en présence de l'eau et des bases faibles. Des faits semblables du même ordre ont été signalés : par Lloyd (²), dans les cotylédons du gland de *Quercus laurifolia*, par Mell (³), dans l'écorce du Chêne à tannin de Californie. Mell indique notamment que l'alcool ne peut dissoudre complètement le tannin dans les cellules corticales de cette essence; il en conclut à la présence, à côté du tannin, d'une substance qui empêcherait la disssolution de ce dernier. Enfin la coexistence du tannin avec une deuxième substance de nature mucilagineuse est mise nettement en évidence par les récents travaux de Lloyd (⁴) sur l'écorce du chêne de Californie et du sapin noir du Canada.

Les cellules tannifères corticales traitées par l'alcool cèdent la plus grande partie de leur tannin; après ce traitement l'observation microscopique des vacuoles montre que cette partie de la cellule se présente sous la forme d'un gel dense et dur, soluble dans la glycérine. Les vacuoles des cellules tannifères de l'écorce du chêne de Californie renfermeraient donc d'après Lloyd un complexe colloïdal de tannin et d'un composé ternaire de nature mal définie qui se rapproche des mucilages par ses propriétés générales.

Lloyd conclut de l'ensemble de ses recherches que le tannin se présenterait dans la cellule vivante sous deux formes bien différentes :

1° En solution dans le suc cellulaire sans présager en rien des combinaisons toujours possibles des principes tanniques avec une ou plusieurs substances présentes dans la vacuole, sucres, albumine, alcaloïdes : c'est le cas de la Spirogyre;

2° En combinaison chimique ou simplement en adsorption avec une substance colloïdale ternaire ce qui est le cas le plus fréquent, le complexe tannique cède facilement son tannin en présence de l'eau (écorce de chêne) ou bien retient fortement le tannin et d'autant mieux que la cellule est plus âgée (fruits charnus astringents).

Au cours de recherches sur le rôle physiologique des tannins, j'ai été amené à faire sur diverses espèces végétales des dosages de substances tanniques dont les résultats paraissent apporter aux recherches microchimiques de Lloyd, Clark et Mell la confirmation de l'analyse quantitative.

J'ai opéré sur de jeunes plantules de Chêne et de Châtaignier et, dans le but d'y doser les tannins, les tissus ont été épuisés par l'acétone d'abord et

(¹) CLARK, *Notes on the chemical nature of the « tannin masses » in the fruit of the persimmon* (*Biochem. Bull.*, 2, 1913, p. 412-418).

(²) LLOYD, *The association of tannin with an emulsion colloïd in the acorn* (Quercus laurifolia) (*Johns Hopkins. Univ. Circ.*, février 1912).

(³) MELL, *California tanbark oak* (*U. S. Dept. Agric. Forest. Serv.*, Bull. 75, sepembre 1920).

(⁴) LLOYD, *loc. cit.*

ensuite par l'eau. Contrairement à ce que laisserait prévoir la solubilité bien connue dans l'acétone des corps désignés sous le nom général de tannins (tannins vrais, glucosides flavonoliques, anthocyaniques etc.) j'ai constaté que ce solvant ne dissout qu'une fraction parfois très faible des principes tanniques contenus dans les cellules végétales. Les plantules broyées avec du sable fin en présence d'une petite quantité d'acétone, puis épuisées dans l'appareil de Soxhlet par le même liquide jusqu'à ce qu'un dernier prélèvement du solvant reste au contact de la poudre végétale ne se colore plus avec l'alun de fer, traitées par l'eau à 100, donnent une solution aqueuse dont la concentration en principes tanniques est souvent supérieure à celle du liquide cétonique.

C'est ce qu'indique le tableau suivant dans lequel les résultats exprimés en grammes se trouvent rapportés à 100^g de substance fraîche et à 100^g de substance sèche. La technique des dosages est la suivante : L'extrait cétonique, additionné de son dixième d'eau pure, est distillé sous pression réduite, le tannin est dosé dans un liquide résiduel obtenu par la méthode Carpeni-Sixley; les principes tanniques contenus dans le liquide d'épuisement aqueux sont dosés par le même procédé.

		Résultats des dosages rapportés à :			
		100^g de substance fraîche. Tannins dissous par		100^g de substance sèche. Tannins dissous par	
		l'acétone.	l'eau.	l'acétone.	l'eau.
Glands de chêne non germés		0,655	2,350	1,200	4,320
		0,740	2,223	1,360	4,080
Glands germés à la lumière	Feuilles	0,738	2,182	2,140	6,320
	Axe épicotylé	1,034	2,280	2,680	5,930
	Cotylédons	3,000	6,400	12,000	25,000
	Axe hypocotylé	1,060	2,470	3,070	7,160
Glands germés à l'obscurité	Axe épicotylé	0,300	1,680	0,840	4,700
	Cotylédons	0,160	1,650	1,880	18,800
	Axe hypocotylé	0,540	2,360	2,320	10,100
Châtaignes germées à l'obscurité	Feuilles	1,370	3,200	7,410	17,300
	Axe épicotylé	1,200	1,850	4,850	7,470
	Cotylédons	0,150	0	1,530	0
	Axe hypocotylé	0,660	1,210	2,430	4,480

Il résulte de l'examen du tableau précédent que dans tous les organes végétaux de Chêne et de Châtaignier, graines, racines, tiges, feuilles, l'acétone n'enlève jamais qu'une fraction plus ou moins importante des prin-

cipes tanniques. Le fait que ces substances ne sont pas dissoutes en totalité par l'acétone est tout à fait digne de remarque.

Tous les tannins étant solubles dans l'acétone, les propriétés de solubilité de ces substances ne peuvent donc expliquer ce phénomène. Cette anomalie, mise en évidence par les résultats précédents, devient d'une interprétation facile à la lumière des faits signalés par Lloyd et mentionnés plus haut.

Si en effet on admet que le tannin existe dans les cellules tannifères en union plus ou moins intime avec une substance mucilagineuse, l'acétone coagulerait le contenu des vacuoles des cellules à tannin; le complexe tannin-mucilage se prendrait en masse sous l'influence du réactif et retiendrait énergiquement une partie des principes tanniques. En présence de l'eau bouillante le coagulum prendrait une consistance mucilagineuse ou se désagrégerait et le tannin libéré passerait en solution dans l'eau.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *L'intensité respiratoire des végétaux obéit-elle à la loi des surfaces?* Note de M. **A. Hée**, présentée par M. Guignard.

Après avoir régi pendant 40 ans, avec l'agrément à peu près unanime des physiologistes, le taux des dépenses énergétiques chez les Homéothermes, la loi des surfaces est très vivement attaquée à la fois quant à sa valeur et quant à sa signification. Terroine, Brenckmann et Feuerbach (¹) ont récemment réuni toutes les critiques auxquelles elle paraît prêter. Les plus frappantes, relatives à sa signification, sont fondées sur deux observations :

a. Les dépenses énergétiques de deux cobayes, de taille très différente, placés à la température de neutralité thermique, restent proportionnelles aux surfaces (Rubner).

b. La loi des surfaces est valable, interspécifiquement, chez l'homme, le chien, le lapin et le bengali pour les dépenses de ces animaux à leur température de neutralité thermique (²).

De tels faits, Lapicque conclut : « Cette loi des surfaces ne peut plus être expliquée par le besoin de chaleur, ..., elle repose sur quelque fait de physiologie générale plus profond qu'il reste à déterminer. » Une conception

(¹) *Archiv. Inter. Physiol.*, t. 22, 1923, p. 466-485.
(²) Lapicque, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1256.

analogue avait également guidé les physiologistes qui, depuis bien longtemps, avaient essayé d'appliquer la loi des surfaces aux Poïkilothermes. Il convient d'ailleurs de remarquer que ces essais — de Regnaut et Reiset sur diverses espèces de poissons, de Maurel et de Rey-Pailhade sur la tortue, de Knauthe sur la carpe, de Vernon et de Montuori sur un nombre très élevé d'animaux marins — ne permettent aucune conclusion.

D'ailleurs, s'il s'agit d'une loi de biologie générale comme l'affirmait von Hoesslin dès 1888, elle doit nécessairement s'appliquer aux végétaux. Or ni l'opinion ancienne, sans appui expérimental, de Garreau (1851), d'après laquelle les variations de surface exerceraient quelque influence sur la respiration, ni les récentes recherches de Hoffmann (1916) qui accordent à ces variations une importance assez grande dans le cas de la germination du blé, ni les calculs extrêmement aléatoires de Rubner sur la dépense énergétique de la levure par unité de surface, ne permettent de formuler la moindre conclusion quant à la validité de la loi des surfaces pour les végétaux.

C'est cette question de la validité, pour les végétaux, de la loi des surfaces que nous nous sommes posée, étant donné par ailleurs l'échec de toute tentative ayant pour but de donner aux végétaux une unité de métabolisme énergétique, c'est-à-dire, en fait, de trouver une unité de mesure de l'intensité respiratoire.

Nous avons donc recherché si, soit à l'intérieur d'une même espèce, soit entre les espèces, il est possible d'obtenir une valeur constante en rapportant l'intensité de la respiration à l'unité de surface.

Nous avons opéré sur des limbes foliaires, seuls organes se prêtant à une évaluation de surface à peu près rigoureuse. Les feuilles sont placées dans une cloche obscure, lentement traversée par un courant d'air privé de CO^2 et chargé de vapeur d'eau; la température est maintenue à 20° pendant toute la durée des essais. A la sortie de la cloche, l'air, débarrassé d'eau, passe sur des tubes de chaux sodée dont la variation de poids donne la quantité de CO^2 formée. Les mesures durent de 2 heures et demie à 3 heures et demie; elles ne sont commencées qu'après un certain temps de séjour des feuilles dans l'appareil, de manière à éliminer les influences antérieures.

Les expériences ont été faites à différentes époques de l'année. Chaque lot de feuilles comportait des exemplaires sensiblement de même poids, de même surface et de même âge. Age, surface et poids variaient de lot à lot.

Un prochain Mémoire décrira d'ailleurs le détail des dispositifs expérimentaux et apportera la totalité des données numériques réunies. On trouvera ci-après, pour quatre espèces étudiées, les quantités de CO^2 dégagées par heure et par décimètre carré de surface, exprimées en milligrammes.

Hedera Helix.	Ficus elastica.	Prunus Laurocerasus.	Aucuba japonica.
0,580	0,546	0,554	0,087
0,514	0,451	0,452	0,225
0,746	0,587	0,302	0,120
0,256	0,627	0,432	0,162
0,713	0,268	0,367	0,486
0,229	0,188	0,366	0,140

Des données ci-dessus ressort nettement l'absence de toute proportionnalité entre la quantité de CO^2 dégagée pendant un temps donné et la surface des feuilles, et cela aussi bien à l'intérieur d'une espèce qu'entre les espèces. Si donc la considération de la surface doit intervenir, ce qui est possible, dans la compréhension des phénomènes respiratoires, elle n'est pas, à beaucoup près, la seule cause réglant l'intensité de ces phénomènes.

Au total, la loi des surfaces, qu'aucune expérience décisive ne permet d'appliquer aux Poïkilothermes, ne s'applique pas aux végétaux verts. Les causes qui déterminent les variations d'intensité respiratoire, soit à l'intérieur d'une même espèce pour des sujets d'âge et de poids différents, soit entre les espèces, restent entièrement à dégager.

ENTOMOLOGIE. — *L'atrophie des muscles du vol après la chute des ailes chez* Lipoptena cervi *L.* (*Diptère pupipare*). Note de M. L. **Mercier**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

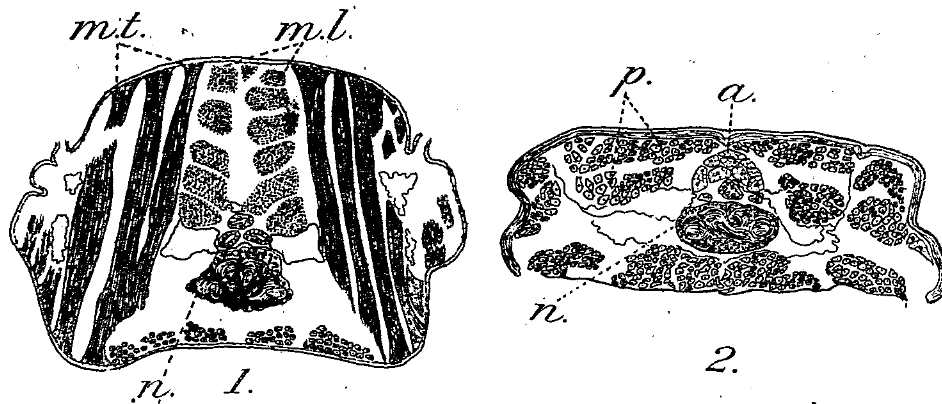
Lipoptena cervi L., à la sortie de la pupe, possède des ailes bien développées. Il recherche le gros gibier de nos forêts (Cerf, Chevreuil, Sanglier) sur lequel il se fixe pour vivre en ectoparasite. A ce moment, les ailes de l'Insecte se brisent et sont réduites à l'état de courts moignons de 1^{mm} de longueur.

Ayant eu l'occasion de recueillir, en novembre dernier, des Lipoptènes fixés sur un Chevreuil, et ayant reçu, d'autre part, un certain nombre de Lipoptènes ailés capturés dans la forêt de Chantilly, par M. Brumpt, j'ai pu étudier les modifications remarquables que présente la musculature thoracique de ces Insectes lorsque d'*ailés* ils deviennent *aptères*.

Lipoptena cervi ailé. — Les coupes du thorax montrent qu'à ce stade de son évolution, l'Insecte possède des muscles vibrateurs du vol parfaitement développés (*fig.* 1) : muscles vibrateurs longitudinaux (*m. l*) et transversaux (*m. t.*). Ces muscles possèdent

la structure histologique particulière qui les fait qualifier d'atypiques par opposition aux autres muscles du corps.

Chaque muscle vibrateur longitudinal est formé d'une série de six fibres superposées; cependant, chez un individu, j'ai noté une légère asymétrie entre les deux muscles : il existait six fibres d'un côté et sept de l'autre.



Coupes transversales du thorax de *Lipoptena cervi* L.

Fig. 1. — Forme ailée × 45. — *m.l.*, muscles vibrateurs longitudinaux; *m.t.*, muscles vibrateurs transversaux; *n*, ganglion nerveux thoracique.

Fig. 2. — Forme aptère × 40. — *a*, tissu adipeux; *p*, muscles moteurs des pattes; *n*, ganglion nerveux thoracique.

Lipoptena cervi aptère. — Sur les coupes du thorax, on ne trouve plus trace des muscles vibrateurs du vol (*fig.* 2). L'emplacement des vibrateurs longitudinaux est occupé par un massif de tissu adipeux (*a*) et celui des vibrateurs transversaux par des muscles moteurs des pattes (*p*) qui ont pris un grand développement.

Il ne m'a pas été possible, sur le matériel que j'ai eu à ma disposition, de suivre les processus histologiques de la disparition des muscles vibrateurs et de la néoformation des cellules adipeuses. Mais j'ai pu constater que le grand développement que prennent les muscles moteurs des pattes est dû, pour une part, à l'accroissement en volume des fibres déjà existantes et, pour une autre part, à l'apparition de fibres nouvelles qui se constituent par différenciation de myoblastes restés jusque-là en réserve.

L'hypertrophie des muscles moteurs des pattes qui se produit chez *Lipoptena cervi* après la disparition des muscles du vol et la chute des ailes est à rapprocher d'un phénomène de même ordre dont nous avons déjà signalé l'existence, Cuénot et moi (1922) (1), chez d'autres Pupipares (*Melophagus ovinus* L., *Cratœrhina pallida* Olf.) et que j'avais constaté pour la

(1) L. Cuénot et L. Mercier, *La perte de la faculté du vol chez les Diptères parasites* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 433).

première fois (1921) (1) chez *Apterina pedestris* Meig. (Barboridæ aptère non parasite). Les muscles moteurs des pattes de *Lipoptena* possèdent la structure histologique des muscles ordinaires des Insectes, et c'est à tort que Massonnat (1909) (2) les a homologués, sous le nom de muscles dorsaux, à des vibrateurs longitudinaux. Aussi n'est-il plus possible d'accepter les conclusions de cet auteur en ce qui concerne les muscles du vol de ce Diptère.

Les phénomènes (atrophie musculaire, chute des ailes) qui se manifestent au moment de la fixation de *Lipoptena* à son hôte sont comparables à ceux que présentent les reines de Fourmis après le vol nuptial. Chez la reine de *Lasius niger*, en particulier, Janet (1907) (3) a constaté qu'après la chute des ailes, les muscles du vol disparaissent et sont remplacés par des colonnes d'adipocytes. Mais chez la reine de Fourmi il n'y a pas hypertrophie des muscles moteurs des pattes comme chez *Lipoptena* et, d'autre part, les enveloppes des faisceaux des muscles vibrateurs persistent, formant manchon autour des adipocytes de remplacement.

Quel est le déterminisme de ces importantes modifications dans l'architecture des muscles du thorax ? Je ne crois pas, avec Janet, qu'il soit possible de penser que les muscles du vol disparaissent parce qu'ils sont destinés à ne plus fonctionner. L'explication serait purement finaliste. J'admets plus volontiers que l'atrophie des muscles vibrateurs du Lipoptène résulte de troubles profonds qui modifient le métabolisme de l'Insecte au moment où celui-ci se fixe à son hôte. La cause qui agit sur les muscles agit vraisemblablement aussi sur les ailes, et celles-ci se cassent.

L'étude comparative de coupes du thorax *Lipoptena cervi* aptère, de *Melophagus ovinus* et de *Cratærhina pallida* nous montre que chez ces trois espèces les muscles vibrateurs du vol ont totalement disparu. Mais, tandis que chez *Melophagus* et *Cratærhina* cette disparition constitue un processus nymphal, chez *Lipoptena* elle est la conséquence d'un processus apparu secondairement et qui a été précédé du développement ontogénique normal.

---

(1) L. MERCIER, *Apterina pedestris* Meig. *Les muscles du vol chez certains Diptères à ailes rudimentaires ou nulles* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 716).

(2) MASSONNAT, *Contribution à l'étude des Pupipares* (*An. Univ. de Lyon, Sciences*, fasc. 28, 1909).

(3) CH. JANET, *Anatomie du corselet et histolyse des muscles vibrateurs, après le vol nuptial, chez la reine de la Fourmi* (Lasius niger). Limoges, Ducourtieux et Gout, 1907).

En ce qui concerne l'atrophie des muscles du vol, le cas de *Lipoptena* est donc différent de celui de *Melophagus* et de *Cratœrhina*. Chez ces deux dernières espèces, les muscles du vol sont définitivement perdus alors que chez *Lipoptena* ils présentent une évolution normale au cours de chaque ontogénèse, et cela malgré l'effet répété de la cause qui détermine leur disparition quand, au cours de son cycle évolutif, l'Insecte perd la faculté du vol.

BIOLOGIE. — *L'allélogenèse chez* Canthocamptus minutus *O.-F. Müll. et la formule sétale*. Note de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. Henneguy.

Dans diverses publications antérieures, j'ai déjà sommairement indiqué l'extraordinaire allélogenèse de ce petit Harpacticide, en fonction du P_H extérieur. Je voudrais montrer que les variations allomorphiques de *Canthocamptus minutus* (¹), si singulières qu'elles aient pu paraître aux naturalistes qui s'occupent des Copépodes, ne sont qu'en apparence mystérieuses, et l'étude de leur développement démontrera un phénomène morphologique plus simple qu'on ne le pouvait supposer *a priori*.

L'explication s'en trouve dans ce que j'appellerai la *formule sétale* (*seta*, soie) des Copépodes.

On sait que, typiquement, la patte thoracique des Copépodes est formée d'un *basis* portant un *endite* et un *exite*, normalement triarticulés. Dans la série des *Harpacticidæ*, il peut y avoir des réductions d'articles, auxquelles les auteurs ont attribué assez d'importance pour multiplier les genres, sous-genres et espèces. Mais, j'ai remarqué que, chez les allomorphes des *Canthocamptus*, quelle que soit la métamérisation du membre, l'endite comme l'exite portent chacun cinq soies *primaires*, ordinairement ciliées, avec prédominance de l'une d'elles, toujours la même. Ces soies peuvent persister, même si le membre est atrophié. S'il n'y a qu'un article, cet article les porte toutes; s'il y a trois articles, les deux premiers portent d'ordinaire chacun une soie, le dernier article en porte trois, dont la médiane est la plus longue. Désignons la soie principale par le chiffre romain I, les autres soies par les chiffres arabes 1, nous aurons, en comptant de l'intérieur vers l'extérieur :

(¹) A la suite des auteurs classiques, j'avais jusqu'ici désigné ce Copédode sous le nom de *C. Staphylinus* Jurine (1820). Mais il correspond à l'espèce décrite en 1776 par O.-F. Müller (*Zool. Dan. Prodr.*, nº 2409) sous le nom de *C.* (Cyclops) *minutus*, qui a la priorité en vertu des règles de la nomenclature zoologique. Je lui restitue donc le nom de *C. minutus* et l'espèce voisine *C. minutus* Claus deviendra *C. lucidulus* Rehberg (1880).

Pour l'endite,

I.I.I.I.I.

Pour l'exite,

I.I.I.I.I.

Dans le métanauplius des allomorphes de *C. minutus*, les appendices thoraciques apparaissent comme de petits mamelons bifurqués qui portent déjà les soies conformes à leur formule sétale; plus tard, ces mamelons se segmentent, d'abord l'exite, puis l'endite; et cette métamérisation sépare ordinairement les soies primaires, dont deux ou trois restent terminales. Ultérieurement se forment parfois des soies supplémentaires, des cils raides ou épines aiguës, surtout sur le bord externe de l'exite. De même il peut y avoir disparition de certaines soies. Chez tous les allomorphes de *C. minutus*, que l'endite soit atrophié ou soudé au basis (comme dans l'espèce-souche et l'allomorphe *Mesochra Blanchardi*); que l'exite soit formé d'un, de deux ou trois articles (allomorphe *lucidulus* ou *salinus*), *la formule sétale embryonnaire reste invariable et identique à celle de l'espèce-souche.*

Il s'en déduit que la formule sétale est un caractère morphologique plus fixe que la métamérisation, et que, à cet égard, les appendices thoraciques des allomorphes de *C. minutus*, malgré leur apparente diversité, sont morphologiquement identiques et superposables. Il y a variation, mais ce n'est qu'une variation quantitative, une variation de croissance, de longueur des bourgeons appendiculaires, qui est probablement de nature autocatalytique, et qui peut, par un phénomène biomécanique secondaire, être suivi d'une segmentation en articles.

Je ne veux point insister sur ce chiffre fatidique de *cinq* soies, n'étant pas convaincu de la prépondérance pythagoricienne du nombre, et ne voulant pas ressusciter la loi de conformité organique de Dugès, ni la théorie de Mac Leay sur l'universalité du chiffre 5. Mon observation n'a probablement pas la valeur d'une loi absolue; néanmoins, il me paraît utile de la considérer comme une règle d'une vérité relative.

Additionnons dans un même membre les formules sétales de l'exite et de l'endite. Nous obtenons:

I.I.I.I.I.I.I.I.I.I,

ce qui dessine une figure très symétrique. Faisons de même pour les telsons où les deux branches de la furca ont la formule des exites. Nous aurons :

Allomorphe *lucidulus*..................	I.I.I.I.I.I.I.I.I.I [1]
Allomorphe *salina*....................	I.I.I.I.I.I.I.I
Allomorphe *Mesochra Blanchardi*......	I.I.I.I.I.I
Forme-souche *minutus*................	I.I.I.I

(1) Qui est la formule des *Cyclops*.

Ainsi donc, la mise en série montre la persistance du groupe sétal entre les deux séries principales, et nous voyons les séries externes, disparues dans la forme-souche réapparaître progressivement, de l'intérieur vers l'extérieur, dans les allormorphes.

Il serait facile d'expliquer cette symétrie avec les idées de Child sur l'intégration physiologique et les gradients. Je veux seulement faire remarquer que ces observations, très faciles à vérifier, font perdre à l'allélogenèse son caractère énigmatique pour la ramener à un processus ontogénétique simple.

Il me paraît probable que la notion de la formule sétale sera étendue, tout au moins aux Cyclopides et Calanides d'eau douce. Il y a là quelque chose qui me semble dépasser la portée du petit problème spécial que je me proposais de résoudre, mais qui fera malheureusement le désespoir des morphologistes classificateurs.

Les allomorphes ont le même potentiel héréditaire que l'espèce-souche et leur explication ne nécessite aucune mutation ni sélection factorielle. L'action d'un P_H ascendant ne modifie pas ce patrimoine héréditaire, mais conditionne les modalités de l'ontogenèse. Autour de l'espèce-souche euryhaline dont l'œuf a une potentialité évolutive fixe, mais qui est fonction du milieu, se groupent des espèces isomorphiques ou allomorphiques sténohalines, à potentialité évolutive plus restreinte, plus limitée, plus déterminée; les possibilités de variation dans la croissance restent incluses dans la sphère de la potentialité totale de l'espèce-souche. Ainsi s'émiettent ces entités que nous nommons espèces. Mais les différenciations provoquées par les changements de milieu peuvent rendre possible un retour à des formes initiales, ce qui paraît en contradiction avec la loi de Dollo de l'irréversibilité de l'évolution. La formule sétale du groupement se maintient, mais les caractères, réduits ou atrophiés dans l'espèce-souche, peuvent à nouveau réapparaître chez les allomorphes, tendant à reproduire le schéma ancestral du membre typique des Copépodes. Ainsi, par une allélogenèse, qui n'est ni sommation, ni mutation, mais à la fois *l'un et l'autre*, peuvent se grouper des formes héréditaires diverses, sténohalines, autour d'une forme nodale, euryhaline.

BIOLOGIE. — *Perméabilisation expérimentale de l'œuf vierge d'Oursin* (Paracentrotus lividus) (¹). Note (²) de M. R. Courrier, présentée par M. Widal.

On sait que l'œuf vierge d'Ousin est semi-perméable, il passe par une phase de perméabilité aux sels dissous après l'entrée du spermatozoïde, cette perméabilité disparaît en même temps que l'aster spermatique pour réapparaître à l'anaphase de la première mitose de segmentation (Herlant).

Cette perméabilisation de l'œuf fécondé, que l'on peut placer dans le cadre de ce que Brachet nomme « les manifestations dynamiques » de la fécondation, est d'une importance capitale aux yeux de Lillie. Pour ce biologiste, la variation de la perméabilité déclanche le développement. La théorie de Lillie fut déjà soumise à certaines critiques de la part de Herlant et de Heilbrunn. Nous nous proposons de démontrer que l'augmentation de la perméabilité aux sels dissous ne saurait être une cause suffisante de l'activation de l'œuf.

Lillie rendit des œufs vierges d'*Arbacia* perméables en les plaçant dans des solutions pures de sels neutres de K et de Na isotoniques à l'eau de mer; ces œufs reportés dans l'eau de mer normale forment une membrane et peuvent se segmenter. Nous avons de notre côté provoqué la perméabilisation de l'œuf vierge de *Paracentrotus* par d'autres procédés. Le traitement par une solution à 5 pour 100 de KCN dans l'eau de mer pendant 25 minutes, ou par une solution concentrée de rouge Congo dans l'eau de mer pendant le même temps; le séjour prolongé dans l'eau de mer (24 heures); l'action du sperme d'Hermelle, vivant ou tué par l'eau distillée; l'action d'un extrait de femelle d'Hermelle, tous ces procédés (³) rendent l'œuf vierge d'Oursin perméable. Si l'on plonge en effet des œufs ainsi traités dans une solution hypertonique (40^{cm^3} NaCl à 2,5 M pour $1000 + 60^{cm^3}$ eau de mer), ils ne se plasmolysent plus comme des œufs vierges normaux, ils restent sphériques et se cytolysent par la suite; ils sont

(¹) Cette Note devait paraître avant la communication à ces *Comptes rendus* du 7 janvier dernier, qui est la suite.

(²) Séance du 28 janvier 1924.

(³) Ce sont surtout les trois derniers procédés qui provoquent une perméabilité très nette de l'œuf vierge.

donc devenus perméables à l'eau et aux sels. Ces œufs ainsi perméabilisés n'émettent pas leur membrane, on ne peut donc dire que c'est la perméabilisation à l'eau et aux sels qui provoque la formation de la membrane au moment de la fécondation.

Le noyau de ces œufs ([1]) ne m'a paru subir aucune modification décelable à l'examen microscopique, le protoplasme ne semble pas non plus s'irradier. Il n'y a donc pas eu d'activation ([2]). On sait en effet que les œufs activés, par l'acide butyrique par exemple, présentent une variation du volume de leur noyau remplaçant l'aster spermatique, il se produit ensuite plusieurs monasters successifs. Herlant a d'ailleurs montré qu'après activation l'œuf passe par un cycle de perméabilité, tandis que nos œufs sont constamment perméables.

D'après Herlant, les périodes de perméabilité de l'œuf se placent au moment où le cytoplasme a la faculté de s'irradier, l'aster est caractéristique d'une période où la cellule s'ouvre au monde extérieur; pour Brachet, d'autre part, l'état du protoplasme conditionne l'évolution nucléaire, c'est-à-dire qu'il existe une concordance étroite entre l'état physico-chimique du protoplasme et l'aspect morphologique de la chromatine. Dans nos expériences, le cytoplasme fut sans doute profondément modifié dans sa constitution physico-chimique au moment de la perméabilisation et cependant ces modifications furent moins intenses que celles qui accompagnent l'activation, puisque protoplasme et noyau ne subirent aucune transformation morphologiquement décelable. Dans sa théorie physiologique de la fécondation, Bataillon dissocie cette dernière en deux emps : l'activation et la caryocatalyse; nous voyons que l'activation de l'œuf d'Oursin est elle-même dissociable. Elle comprend : *a*. la perméabilisation à l'eau et aux sels qui, nous venons de le démontrer, ne suffit pas au déclanchement de l'activation; *b*. la formation de la membrane, qui peut probablement être considérée comme le test morphologique de l'élimination de déchets quand l'œuf est placé dans des conditions de milieu normales. Ce phénomène n'est pas nécessaire pour l'activation (expérience de Brachet avec l'Hermelle.

L'activation de l'œuf d'Oursin est donc sous la dépendance d'autres facteurs.

([1]) Nous n'avons examiné que des œufs soumis à l'action du sperme d'Hermelle.

([2]) Notre Note des *Comptes rendus*, du 7 janvier 1924, renseigne sur le sort de ces œufs après fécondation.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Inoculation de la lèpre humaine au lapin.* Note de M. **Henri Limousin**, présentée par M. Roux.

Nous avons réussi à inoculer la lèpre humaine au lapin par *réinfection* dans la chambre antérieure de l'œil.

La difficulté de se procurer facilement des lésions lépreuses, exemptes de germes d'infections secondaires, nous a obligé à utiliser pour nos recherches les mucosités nasales des malades, après un traitement approprié destiné à à les débarrasser des germes d'infection secondaire qu'elles contiennent en abondance.

Ces mucosités, aussi fraîches que possible, ont été traitées par une solution de soude caustique à 4 pour 100 pendant 6 heures à l'étuve à 37°. Après centrifugation et décantation, le culot est neutralisé par l'acide chlorhydrique : l'examen sur lame après coloration au Ziehl montre des bacilles de Hansen nombreux, la plupart réunis en paquets, mais toute trace de cellules a disparu. Une partie du culot de centrifugation est ensemencée dans une série de tubes du milieu de Petrof. L'autre partie est injectée dans la chambre antérieure de l'œil d'un lapin albinos. L'œil réagit très faiblement par un léger trouble de la chambre antérieure, qui cependant s'éclaircit à nouveau au bout de quelques jours, mais la cornée devient peu à peu légèrement opaque. Au bout de 6 semaines, l'humeur aqueuse contenait de nombreux bacilles acido-résistants. A ce moment nous avons pratiqué dans le même œil *une deuxième injection* du même matériel lépreux, provenant du même malade, et traité de la même façon que nous avons indiquée ci-dessus.

La chambre antérieure est restée claire et la cornée a continué très lentement à s'opacifier. Au bout d'un an, l'humeur aqueuse ne contenait plus de bacilles acido-résistants.

L'animal, qui s'était maintenu dans un état de santé excellent, fut *sacrifié vingt-deux mois après la première injection intraoculaire*.

L'autopsie montre une intégrité macroscopique de tous les organes, sauf des poumons, qui présentent plusieurs nodules de la grosseur d'un noyau de cerise. Un de ces noyaux, incisé, contient un peu de pus blanc, *laiteux*, que l'examen microscopique montre riche en bacilles acido-alcoolo-résistants, en gros amas.

Beaucoup de ces amas sont intracellulaires et formés de bacilles très fins.

D'autres amas, plus étendus, sont constitués par des bacilles un peu plus gros, extracellulaires.

Nous pensons que le début du développement a lieu dans le leucocyte, ce qui constituerait un premier stade, et que les bacilles extracellulaires plus gros sont à un stade plus avancé de leur développement.

Pendant les deux années qu'a duré cette expérience, les tubes de milieu de Petrof ensemencés avec le matériel d'inoculation riche en acido-résistants sont restés stériles, ce qui exclut la possibilité d'une erreur de diagnostic qui aurait pu faire prendre des bacilles acido-résistants banaux ou des bacilles de Koch pour des bacilles lépreux chez le malade.

Il ne peut s'agir non plus de globies provenant du malade et qui, après avoir séjourné dans la chambre antérieure de l'œil du lapin, se seraient conservées intactes dans la circulation lymphatique de cet animal pendant près de deux ans, car le traitement à la soude caustique avait détruit toutes les cellules des mucosités nasales du malade.

Nous estimons que le résultat positif de cette inoculation est dû à ce que nous avons réalisé une réinfection chez notre animal et à ce que nous avons pu attendre 22 mois avant de le sacrifier, ce délai très long étant probablement nécessaire à la manifestation des lésions expérimentales de la lèpre.

Nous croyons enfin qu'il y a lieu d'appeler l'attention sur la grande résistance des bacilles de Hansen rejetés en abondance par les malades qui présentent des lésions de la muqueuse nasale.

A $16^h 10^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $17^h 15^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 FÉVRIER 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une classe particulière de réseaux.* Note de M. C. GUICHARD.

Soit M un point qui décrit un réseau dans un espace d'ordre $p (p > 3)$; je conserve les notations que j'ai employées, à plusieurs reprises, pour les réseaux. Cela posé, je me propose d'étudier les réseaux M qui possèdent la propriété suivante :

Les congruences décrites par RR_1 *et par* SS_1 *sont des congruences* I.

La congruence RR_1 étant I, les droites RR_1 et MR sont perpendiculaires; d'autre part les paramètres de RR_1 sont

$$\frac{\partial \xi_i}{\partial u} - \frac{1}{n}\frac{\partial n}{\partial u}\xi_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, p).$$

On doit donc avoir

$$\sum_1^p \xi_i \left[\frac{\partial \xi_i}{\partial u} - \frac{1}{n}\frac{\partial n}{\partial u}\xi_i\right] = 0,$$

d'où en intégrant

$$\Sigma \xi_i^2 = n^2 V.$$

En choisissant convenablement la variable v, on peut supposer

$$(1) \qquad \Sigma \xi_i^2 = n^2.$$

D'autre part, puisque la congruence RR_1 est une congruence I, on doit avoir

$$\sum_1^p \left(\frac{\partial \xi_i}{\partial u} - \frac{1}{n}\frac{\partial n}{\partial u}\xi_i\right)^2 = 0,$$

ce qui donne, en tenant compte de l'équation (1),

$$\sum\left(\frac{\partial \xi_i}{\partial u}\right)^2 = \left(\frac{\partial n}{\partial u}\right)^2. \tag{2}$$

Maintenant la congruence SS_1 étant aussi une congruence I, on aura, en choisissant convenablement la variable u,

$$\Sigma \eta_i^2 = -m^2; \tag{3}$$

$$\sum\left(\frac{\partial \eta_i}{\partial v}\right)^2 = -\left(\frac{\partial m}{\partial v}\right)^2. \tag{4}$$

En différentiant l'équation (1) par rapport à v et l'équation (3) par rapport à u, on aura

$$\Sigma \varepsilon_i \eta_i = \frac{\partial n}{\partial v} = -\frac{\partial m}{\partial u},$$

ce qui permet de poser

$$\left\{\begin{aligned} & m = \frac{\partial \varphi}{\partial v}, \qquad n = -\frac{\partial \varphi}{\partial u}, \\ & \Sigma \varepsilon_i \eta_i = -\frac{\partial^2 \varphi}{\partial u\, \partial v}. \end{aligned}\right. \tag{5}$$

On pourra maintenant former dans un espace d'ordre $p+2$ un déterminant O dont les rotations sont

$$A_i = \lambda \varepsilon_i, \qquad B_i = \mu \eta_i. \tag{6}$$

On en déduit, λ et μ étant des constantes,

$$M = -\frac{\lambda}{\mu}\frac{\partial \varphi}{\partial u}, \qquad N = \frac{\mu}{\lambda}\frac{\partial \varphi}{\partial v}. \tag{7}$$

En écrivant que la relation

$$\Sigma A_i B_i + \frac{\partial M}{\partial v} + \frac{\partial N}{\partial u} = 0$$

est satisfaite, on trouve entre λ et μ la relation

$$-\lambda\mu - \frac{\lambda}{\mu} + \frac{\mu}{\lambda} = 0,$$

ou encore

$$\frac{1}{\lambda^2} - \frac{1}{\mu^2} = 1. \tag{8}$$

A ce déterminant, on peut faire correspondre des réseaux O décrits par un point $M'(X_1, \ldots, X_{p+2})$; les formules (7) montrent que ce réseau est associé à un réseau O plan décrit par un point $M''(Y_1, Y_2)$.

Ces réseaux associés sont tels que

$$(9)\quad \begin{cases} \sum\left(\frac{\partial X}{\partial u}\right)^2=\lambda^2\sum\left(\frac{\partial Y}{\partial u}\right)^2, & \sum\left(\frac{\partial^2 X}{\partial u^2}\right)^2=\lambda^2\sum\left(\frac{\partial^2 Y}{\partial u^2}\right)^2, \quad \sum\left(\frac{\partial^3 X}{\partial u^3}\right)^2=\lambda^2\sum\left(\frac{\partial^3 Y}{\partial u^3}\right)^2; \\ \sum\left(\frac{\partial X}{\partial v}\right)^2=\mu^2\sum\left(\frac{\partial Y}{\partial v}\right)^2, & \sum\left(\frac{\partial^2 X}{\partial v^2}\right)^2=\mu^2\sum\left(\frac{\partial^2 Y}{\partial v^2}\right)^2, \quad \sum\left(\frac{\partial^3 X}{\partial v^3}\right)^2=\mu^2\sum\left(\frac{\partial^3 Y}{\partial v^3}\right)^2. \end{cases}$$

Avec mes notations les systèmes M′ et M″ sont associés avec les indices 3, − 3.

La détermination du déterminant O correspondant est un problème d'ordre $2p-4$. On peut facilement trouver des solutions particulières qui dépendent d'une équation d'ordre moins élevé. En particulier :

La Géométrie infinitésimale du complexe linéaire permet de former des solutions particulières d'ordre $p-2$.

Si l'on applique la transformation de Laplace aux réseaux M′ et M″, on arrive au résultat suivant :

A une homothétie près les congruences $R'R'_1$ *et* $R''R''_1$ *sont applicables; il en est de même des congruences* $S'S'_1$ et $S''S''_1$.

Je prends maintenant une congruence harmonique au réseau M′ en me servant de la solution

$$\theta = Y_1 \pm i Y_2.$$

La droite qui décrit la congruence rencontre M′R′ en A, M′S′ en B; la première tangente du réseau A rencontre $R'R'_1$ en E; la seconde de B rencontre $S'S'_1$ en F. On a la propriété suivante :

La congruence AB *est plusieurs fois* C; *les réseaux* E *et* F *sont des réseaux* N.

La congruence AB étant plusieurs fois C, les paramètres de la droite AB satisfont à une équation à invariants égaux, en ramenant cette équation à la forme de Moutard on voit que les paramètres $\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_{p+2}$ satisfont aux conditions

$$(10)\quad \begin{cases} \sum\theta^2 = 1 \quad & \sum\left(\frac{\partial\theta}{\partial u}\right)^2 = 0, \quad \sum\left(\frac{\partial^2\theta}{\partial u^2}\right)^2 = 0, \\ & \sum\left(\frac{\partial\theta}{\partial v}\right)^2 = 0, \quad \sum\left(\frac{\partial^2\theta}{\partial v^2}\right)^2 = 0. \end{cases}$$

J'ai montré [1] comment on pouvait former ces équations dans le cas de $p=4$. Elles ont été étudiées aussi par M. Tzitzéica [2] dans les cas $p=4$ et $p=5$.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 748.

[2] *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1136, et *Géométrie différentielle projective des réseaux*, Chap. XIV.

Je reviens au cas où p est quelconque; si l'on coupe le système ABEF par un plan isotrope quelconque, on trouve les réseaux que j'ai pris au début.

En coupant de même par un plan isotrope le réseau M on obtient, *dans un espace d'ordre* $p-2$, *des réseaux* O *qui après trois transformations de Laplace deviennent des réseaux* O. Cette méthode donne d'ailleurs tous les réseaux O d'un espace d'ordre $p-2$ qui possèdent cette propriété.

A ces systèmes on fait correspondre des réseaux plans qui possèdent la propriété suivante :

Un réseau plan $(p-3)$ O *se transforme après trois opérations de Laplace en un réseau* $(p-3)$ O.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines équations différentielles du second ordre à coefficients doublement périodiques.* Note de M. **Henri Villat.**

J'ai donné, dans les *Annales de l'École Normale supérieure*, 1921, une méthode générale pour obtenir la représentation conforme effective d'un domaine plan doublement connexe sur une couronne circulaire convenablement choisie. Il est bien connu d'autre part, au moins lorsqu'il s'agit d'un domaine à connexion simple, ayant pour frontière des arcs de circonférence, que la recherche de la représentation conforme revient à la résolution d'une certaine équation différentielle du troisième ordre, due à Schwartz, laquelle se ramène elle-même à une du second, d'une infinité de manières.

Dans le cas d'un domaine doublement connexe, délimité par des arcs de cercle, les considérations de Schwartz s'appliquent presque sans modifications, et l'on obtient le résultat suivant : faisons la représentation sur une bande rectiligne d'un plan z', enfermée entre l'axe réel et la parallèle à cet axe à la distance $\frac{\tau}{2i}$ (τ étant le module des fonctions elliptiques introduites ci-dessous), en ne considérant pas comme distincts deux points de l'aire à la distance 1 sur une parallèle à Ox. Désignons par $\alpha_j\pi$ l'angle (compté à l'intérieur du domaine considéré dans le plan Z) sous lequel se coupent deux cercles consécutifs d'une frontière, et par $\beta_l\pi$ l'angle analogue pour l'autre frontière. L'équation du second ordre à laquelle on parvient peut alors être mise sous la forme

$$\frac{d^2U}{dz^2} + U \times F(z) = 0 \qquad (z = 2\omega_1 z') \tag{1}$$

avec

(2) $$F(z) = \sum_j \left[\frac{1-\alpha_j^2}{4} p(z - z_j | \omega_1 \omega_3) + a_j \zeta(z - z_j)\right] + \sum_l \left[\frac{1-\beta_l^2}{4} p(z - \omega_3 - t_l) + b_l \zeta_3(z - t_l)\right] + C.$$

Les quantités a_j, b_l, C sont des constantes réelles à déterminer *a posteriori*; les z_j et t_l sont des nombres compris entre 0 et 1.

On peut montrer que la fonction $F(z)$ admet nécessairement les périodes $2\omega_1$ et $2\omega_3$; on a donc la condition

$$\sum_j a_j + \sum_l b_l = 0.$$

La formule (2) définit une catégorie importante d'équations différentielles comprenant comme cas très particulier l'équation célèbre de Lamé et appartenant à la classe des équations à coefficients doublement périodiques, au sujet desquels on connaît les beaux théorèmes dus à M. Picard, à Halphen et à Hermite. Aux points singuliers de l'équation (1), les équations fondamentales déterminantes ont pour racines $\frac{1 \pm \alpha_j}{2}$ et $\frac{1 \pm \beta_l}{2}$. Les intégrales sont donc en général non uniformes, mais on reconnaît sur les cas particuliers, ici les plus intéressants, que l'on peut faire un fructueux usage du théorème de M. Picard (*Journal de Crelle*, t. 90) en passant par l'intermédiaire de la proposition XVI de G. Halphen (*Sur la réduction des équations linéaires; Mémoires des savants étrangers*, t. 28, 1884). Donnons quelques exemples :

Prenons d'abord le cas d'un domaine circulaire percé d'une fente circulaire (constituée par deux arcs juxtaposés). Si les circonférences en question sont orthogonales on peut réduire l'équation (1) à

(3) $$\frac{d^2 U}{dz^2} + \left\{-\frac{3}{4}[pz + p(z - \omega_1)] + a(\zeta z - \zeta_1 z) + C\right\} U = 0.$$

D'autre part, la représentation conforme correspondante résulte de mon Mémoire cité (ou encore de la *Thèse* de M. R. Thiry, p. 90) (¹). A une trans-

(¹) La méthode indiquée par M. R. Thiry dans son beau travail, lorsque les frontières du domaine sont formées de segments rectilignes, s'applique aussi sans difficulté pour le cas des arcs de circonférences. En employant un procédé de passage à la limite analogue à celui dont je me suis servi dans ma Thèse (*Annales de l'École Normale*, 1911), on peut prouver que la méthode de M. Thiry se généralise pour des domaines plus complexes, en donnant des résultats en complet accord avec ceux de mon Mémoire cité.

formation homographique près, on trouve

$$Z = \frac{\vartheta_3(z')}{\vartheta_4(z')}.$$

Il est aisé d'en déduire que l'équation (3) doit posséder les deux solutions $\frac{\sigma_2 z}{\sqrt{\sigma z \sigma_1 z}}$ et $\frac{\sigma_3 z}{\sqrt{\sigma z \sigma_1 z}}$. On vérifie, en effet, que ces solutions appartiennent à l'équation ci-dessus, pour les valeurs $a = 0$ et $C = \frac{3}{4} e_1$. Le même calcul prouve évidemment ce théorème : « L'équation

$$(4) \qquad U'' - \frac{3}{4}[pz + p(z - \omega_\alpha) - e_\alpha]U = 0$$

a pour intégrale générale

$$U = \lambda \frac{\sigma_\beta z}{\sqrt{\sigma z \sigma_\alpha z}} + \mu \frac{\sigma_\gamma z}{\sqrt{\sigma z \sigma_\alpha z}},$$

les trois indices α, β, γ étant différents. »

Pour $\alpha = 1$, l'équation (4) se ramène à l'équation de Lamé

$$U'' - \frac{3}{4} p\left(z \,\Big|\, \frac{\omega_1}{2} \omega_3\right) U = 0,$$

dont G. Halphen, parti de considérations toutes différentes (*loc. cit.*, § 20), a obtenu l'intégrale sous la forme

$$U = \left[p'\left(\frac{z}{2} \,\Big|\, \frac{\omega_1}{2} \omega_3\right)\right]^{-\frac{1}{2}} \left[A + B p\left(\frac{z}{2}\right)\right].$$

Si les deux circonférences dont il a été question plus haut sont quelconques, l'équation différentielle correspondante sera de la forme

$$(5) \qquad U'' + \left\{ -\frac{3}{4}[pz + p(z - z_0)] + a[\zeta z - \zeta(z - z_0)] + C \right\} U = 0.$$

Il résulte de mon Mémoire des *Annales* (p. 204) qu'elle devra posséder la solution particulière

$$U_1 = \vartheta_4(z' - z'_1)\, \vartheta_1^{-\frac{1}{2}}(z')\, \vartheta_1^{-\frac{1}{2}}(z' - z'_0).$$

Un calcul, que je ne reproduis pas, montre qu'en effet cette expression vérifie l'équation (5) avec les valeurs des coefficients

$$(6) \qquad \begin{cases} a = \zeta_3(z_0 - z_1) - \frac{1}{2}\zeta z_0 + \frac{\eta_1}{\omega_1}\left(z_1 - \frac{1}{2} z_0\right) = -\zeta_3 z_1 + \frac{1}{2}\zeta z_0 + \frac{\eta_1}{\omega_1}\left(z_1 - \frac{1}{2} z_0\right). \\ C = a^2. \end{cases}$$

La concordance des diverses valeurs de a revient à la condition de fermeture du domaine Z. Une circonstance analogue se reproduit d'une façon tout à fait générale dans tous les cas.

L'équation (5) qui dépend alors du paramètre arbitraire z_0 a pour intégrale générale

$$U = U_1\left[\lambda + \mu \int \frac{\vartheta_1(z')\vartheta_1(z'-z'_0)}{\vartheta_1^2(z'-z'_1)}\,dz'\right].$$

Le paramètre auxiliaire $z_1 (= 2\omega_1 z'_1)$ est défini par celle des conditions (6) qui est indépendante de a.

On trouve un grand nombre de résultats dignes de remarque, par l'examen d'autres cas particuliers. On en lira le développement dans le Mémoire détaillé. Je signale comme particulièrement intéressant le cas d'un domaine circulaire percé d'un trou dont le bord est formé d'une sorte de dentelle régulière constituée par N arcs de cercle égaux. La formule

$$\begin{aligned} &\wp(z\,|\,\omega_1\omega_3) + \wp\left(z + \frac{2\omega_1}{N}\right) + \wp\left(z + \frac{4\omega_1}{N}\right) + \ldots + \wp\left(z + \frac{2(N-1)\omega_1}{N}\right) \\ &\quad = \wp\left(z \,\middle|\, \frac{\omega_1}{N}\,\omega_3\right) + \sum_r \wp\left(\frac{2r\omega_1}{N}\right) \end{aligned}$$

permet de montrer que l'équation (1) correspondante *se ramène à une équation générale de Lamé*,

$$U'' - [n(n+1)\,\wp z + h]\,U = 0.$$

La valeur de n y est quelconque, déterminée par l'angle des arcs de cercle deux à deux; pour une représentation conforme sans points de ramification, n est compris entre $-\frac{3}{2}$ et $+\frac{1}{2}$; le coefficient h, non nul pour $N > 2$, dépend essentiellement de N. L'étude du problème correspondant se rattache à celle du groupe de l'équation

$$U'' + U\left[\frac{3}{4(1-z^2)^2} - \frac{(2n-1)(2n+3)}{8}\,\frac{(k^4-3k^2)z^2+1+k^2}{(1-z^2)(1-k^2z^2)^2} + \frac{\lambda}{(1-z^2)(1-k^2z^2)}\right] = 0,$$

où λ est un paramètre lié à h. On trouvera ailleurs cette étude.

J'indique en terminant que toutes les équations en question s'appliquent à la théorie des surfaces minima et au problème de Plateau d'une part, et d'autre part à la recherche de certains mouvements tourbillonnaires des fluides.

COMMISSIONS.

Par la majorité des suffrages, MM. **Émile Picard** et **Paul Appell**, pour la Division des sciences mathématiques; MM. **Louis Mangin** et **Ch. Moureu**, pour la Division des sciences physiques; MM. **Paul Janet** et **Jules Breton**, Académiciens libres, sont élus membres de la Commission chargée de dresser des listes de candidats aux places d'Académiciens libres vacantes par le décès de MM. *de Freycinet* et *A. de Gramont*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Recherches sur les Poissons représentés dans quelques tombeaux égyptiens de l'ancien empire*, par M. Claude Gaillard, avec la collaboration de MM. Victor Loret et Charles Kuentz. (Présenté par M. L. Joubin.)

2° Émile Belot. *L'origine dualiste des mondes et la structure de notre univers*. Préface de M. Camille Flammarion. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

M. **Émile Belot** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à l'une des deux places vacantes d'Académiciens libres.

MM. **Charles Benoist** et **V. Robin** adressent un Rapport sur l'emploi qu'ils ont fait de la subvention qui leur a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1922.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Application des équations intégrales à une proposition de Lord Rayleigh*. Note (¹) de M. **F.-H. van den Dungen**, présentée par M. Émile Borel.

1. Les vibrations élastiques des milieux continus sont régies par des équations différentielles d'ordre pair, se rattachant aux dalembertiens. Si

(¹) Séance du 28 janvier 1924.

l'on se borne à étudier un mouvement purement sinusoïdal de période $2\pi\lambda^{-\frac{1}{2}}$, ces équations se réduisent à des laplaciens ou à des bilaplaciens avec second membre de forme

$$ap = a(\lambda u + q), \tag{1}$$

a étant un facteur dépendant des propriétés du corps étudié, *u* le déplacement (linéaire ou angulaire) étudié et *q* une fonction traduisant l'effet des actions extérieures.

Ces équations peuvent être transformées en équations intégrales par l'emploi des fonctions de Green d'ordre 1 ou 2, en sorte que l'on a

$$u_M = \int_D G(M, P)\, a_P p_P\, d\tau_P, \tag{2}$$

le domaine étudié D étant supposé divisé en éléments $d\tau$.

2. Les fonctions de Green s'interprètent physiquement comme mesure du déplacement produit en M par une action *unitaire* (force ou couple) agissant en P, dans les conditions aux limites assignées au problème. Ces fonctions de Green sont identiques aux *coefficients d'influence* utilisés en technique.

L'équation intégrale acquiert ainsi une signification immédiate : le déplacement en M est la somme des déplacements infinitésimaux dus aux actions appliquées aux éléments $d\tau$.

3. Les vibrations ne sont pas les seuls phénomènes traduits par les équations (1) et (2). Nous avons montré (¹) que le flambement des poutres et la flexion des pièces en rotation satisfont également à ces équations. Le paramètre prend dans chaque cas un sens différent : rapport des efforts longitudinaux ou carré de la vitesse angulaire. Il y a intérêt à ce que le paramètre de l'équation intégrale ait un sens physique (²).

Notons, en outre, que d'autres phénomènes physiques rentrent dans le même type fonctionnel : telles les oscillations électriques. D'une façon générale, les phénomènes régis par cette équation intégrale sont des *phénomènes de résonance*.

4. La recherche des valeurs caractéristiques fournit des résultats importants : son propre, charge ou vitesse critique. Si l'on remarque que la fonc-

(¹) Voir *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 243 et 575.

(²) C'est ainsi que nous avons pu justifier diverses formules expérimentales.

tion de Green est symétrique et que a est, en général, positif [1], on voit que le noyau est de la forme de Schmidt : les valeurs caractéristiques sont des pôles simples de la résolvante, elles sont réelles et de plus positives, si a est positif.

5. Introduisons les formes quadratiques

$$T = \frac{1}{2}\int_0 a_M u_M^2 \, d\tau_M \qquad \text{et} \qquad U = \frac{1}{2}\lambda\int_0\int_0 C(M, P)\, a_M a_P u_M u_P \, d\tau_M \, d\tau_P ;$$

la forme T est adjointe à l'énergie cinétique maxima, et la forme U adjointe à l'équation potentielle maxima.

La variation première de la différence T — U est nulle pour les déplacements satisfaisant à

$$u_M = \lambda\int_0 C(M, P)\, a_P u_P \, d\tau_P ;$$

c'est l'équation intégrale des mouvements propres.

Il est clair que cette équation satisfera donc à un des problèmes :

a. Chercher la valeur limite du rapport de l'énergie potentielle à l'énergie cinétique (proposition de Lord Rayleigh);

b. Chercher la valeur limite de l'énergie cinétique, à énergie potentielle constante, ou inversement (proposition de Ritz).

6. Passons à l'étude de la variation seconde ; il vient

$$2\delta^2(T - U) = \int_0 a_M (\delta u_M)^2 \, d\tau_M - \lambda\int_0\int_0 C(M, P)\, a_M a_P \, \delta u_M \, \delta u_P \, d\tau_M \, d\tau_P$$

pour chaque limite. La différence T — U sera donc minima si la forme quadratique est définie positive, ce que l'on obtient en supposant une suite de conditions positives ou nulles. Or les premiers membres de ces conditions forment précisément, au signe près, une suite de Sturm associée à la résolvante. Ainsi, dans le cas où tous les nombres caractéristiques λ sont réels et positifs, la différence T — U est minima pour le plus petit nombre caractéristique, et pour celui-là seul.

7. Lord Rayleigh et Ritz ont cherché à appliquer la propriété de la limite au calcul approché des valeurs caractéristiques en supposant u fonction d'un ou de plusieurs paramètres et en déterminant quelles valeurs de ces paramètres correspondent aux limites de T — U ou des expressions équivalentes.

---

[1] Nous avons montré que le couple antagoniste, dû à l'action des forces centrifuges sur les disques en rotation, introduit une fonction a négative.

Lord Rayleigh a remarqué que la valeur trouvée pour λ dépend de la fonction choisie et beaucoup d'auteurs se contentent, dès lors, de calculer λ en cherchant le rapport de T à U pour un déplacement u choisi *a priori*, satisfaisant aux conditions aux limites et proche du déplacement expérimental, U étant calculé pour λ égal à l'unité.

Cette façon d'opérer se justifie si on l'interprète au moyen de la théorie des approximations successives : étant donnée une fonction arbitraire u_0, déterminons u_1 par

$$u_1 = \int_0 G(m, P)\, a_P u_0 d\tau_P;$$

on sait que les rapports $\frac{u_0}{u_1}, \frac{u_1}{u_2}, \ldots$ tendent vers le premier pôle λ. Mais on peut comparer les quantités

$$\int_0 a_P u_0 . u_0 d\tau, \qquad \int_0 a_P u_0 . u_1 d\tau, \quad \text{etc.},$$

le rapport des deux premières est précisément le rapport de T à U, calculé pour u_0 : le fait que ce rapport donne une valeur approchée du premier pôle λ est donc une conséquence de l'existence même des valeurs caractéristiques.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur certaines propriétés métriques des fonctions analytiques*. Note[1] de M. **J. Priwaloff**, présentée par M. Émile Borel.

1. Dans une Note récente nous avons démontré que la représentation conforme d'un domaine, limité par un contour fermé rectifiable sur le cercle $|z| < 1$ fait correspondre à tout ensemble de points de mesure nulle, situé sur la circonférence, un ensemble de mesure nulle situé sur le contour du domaine[2]. Maintenant nous allons démontrer la proposition inverse[3]:

---

(1) Séance du 14 janvier 1924.

(2) N. Lusin et J. Priwaloff, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 456. Cf. J. Priwaloff (Thèse russe) (*Bulletin de l'Université de Saratow*, 1918).

(3) Publié dans la Thèse russe citée.

A tout ensemble de points de mesure nulle, situé sur la frontière rectifiable, correspond sur la circonférence un ensemble de mesure nulle.

La représentation conforme du domaine G, limité par une courbe rectifiable, sur le cercle $|z| < 1$ fait correspondre à un point de la circonférence $e^{i\theta}$ un point de la frontière de G; désignons par $s(\theta)$ sa distance mesurée le long de la frontière d'un point arbitraire fixe de cette frontière. Pour la démonstration de notre théorème, nous supposons, par impossible, qu'il existe sur la circonférence un ensemble de points E, mes $E > 0$, correspondant à un ensemble E_1 de la frontière de G, mes $E_1 = 0$. En vertu du théorème direct, la fonction croissante $s(\theta)$, étant une fonction absolument continue, a une dérivée $s'(\theta)$ finie presque en tout point de l'ensemble E. Il est aisé de démontrer que cette dérivée $s'(\theta)$ est égale à zéro presque partout sur E. Soit $x = \varphi(z)$ la fonction donnant la représentation conforme du cercle $|z| < 1$ sur le domaine G et soient $x(s)$ les points de sa frontière. De la représentation considérée il résulte :

$$\varphi(e^{i\theta}) = x[s(\theta)],$$

d'où l'on conclut que la dérivée $\varphi(z_0)$ prise le long de la circonférence est égale à zéro en chaque point $z_0 = e^{i\theta}$ de l'ensemble E, sauf éventuellement en un ensemble de mesure nulle. La fonction analytique $\varphi(z)$ prend sur la circonférence $|z| = 1$ une suite absolument continue de valeurs et par conséquent [1] la dérivée $\varphi(z)$ tend vers une limite $\varphi'(z_0) = 0$ presque partout sur E, z tendant vers z_0 suivant un chemin quelconque non tangent à la périphérie. On doit conclure de là, d'après le théorème d'unicité [2], que $\varphi'(z)$ s'annule identiquement, ce qui est impossible. C. Q. F. D.

2. Il résulte de l'analyse précédente que $\varphi'(z)$ tend vers une limite $\varphi'(z_0) \neq 0$, presque partout sur la circonférence, z tendant vers z_0 suivant tout chemin non tangent à la périphérie. Alors, il est aisé de démontrer que *la représentation conforme $x = \varphi(z)$ d'un domaine g, dont la frontière est une courbe rectifiable, sur le cercle $|z| < 1$ conserve les angles entre des directions correspondantes en tous points des frontières, quand on néglige des ensembles de mesure nulle* [3].

---

(1) Cela résulte du théorème de M. Fatou (*Acta mat.*, 1906). Cf. J. Priwaloff (Thèse russe citée).

(2) J. Priwaloff (Thèse russe citée); aussi N. Lusin et J. Priwaloff, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 456.

(3) Publié dans la Thèse russe citée.

3. L'intégrale du type de *Cauchy* est, par définition, une expression de la forme

$$\frac{1}{2\pi i}\int_L \frac{f(x)\,dx}{x-z}, \tag{1}$$

où L est une ligne rectifiable et $f(x)$ est une fonction sommable au sens de M. Lebesgue, donnée *a priori* sur L. Cette formule représente une fonction d'une variable complexe z, holomorphe partout en dehors de L. Pour étudier l'allure de cette fonction au voisinage de L, nous définirons la notion de l'intégrale singulière. Soient x_0 un point quelconque d'une ligne L, s_0 la longueur de l'arc correspondant. Désignons par L la partie qui reste de la ligne L, après avoir supprimé de L un petit arc, dont les extrémités sont les points $x(s_0-\varepsilon)$ et $x(s_0+\varepsilon)$. L'intégrale singulière est, par définition, la limite finie, si elle existe, de l'expression

$$\frac{1}{2\pi i}\int_L \frac{f(x)\,dx}{x-x_0} \tag{2}$$

ε tendant vers zéro.

Nous avons établi ([1]) la formule suivante :

Presque partout sur L, *on a l'égalité*

$$\lim_{z=x_0}\frac{1}{2\pi i}\int_L \frac{f(x)\,dx}{x-z} = \frac{1}{2\pi i}\int_L \frac{f(x)\,dx}{x-x_0} \pm \frac{1}{2}f(x_0),$$

z tendant vers x_0 suivant tout chemin non tangent à L, *l'intégrale du second membre étant définie comme singulière* ([2]).

En particulier, cette formule nous montre que *les valeurs de l'intégrale du type de Cauchy sur le contour d'intégration (représentées par l'intégrale singulière) sont égales aux moyennes arithmétiques des valeurs limites à droite et à gauche de* L, *quand on néglige des ensembles de mesure nulle.*

4. Soit donnée une fonction analytique $f(z)$, holomorphe à l'intérieur d'un domaine G, dont la frontière est une courbe rectifiable quelconque C. Supposons que la fonction $f(z)$ prend presque partout sur C, le long de tous les chemins non tangents à C, les valeurs d'une certaine fonction $f(x)$, intégrable au sens de M. Lebesgue.

Il résulte de la formule précédente la condition nécessaire et suffisante

---

([1]) J. PRIWALOFF (Thèse russe citée).

([2]) Le signe + correspond au cas où z est constamment à gauche de la direction positive de L, le signe — correspond au cas contraire.

pour qu'ait lieu la formule de Cauchy :

$$f(z)=\frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{f(x)\,dx}{x-z}.$$

Cette condition est la suivante ([1]) : *on doit avoir, en presque chaque point* x_0 *de* C,

$$\frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{f(x)\,dx}{x-x_0}=\frac{1}{2}f(x_0).$$

La dernière condition peut être remplacée par une autre condition équivalente ([1]) :

$$\int_C f(x).x^n\,dx=0 \qquad \text{pour} \qquad n=0,\ 1,\ 2,\ \ldots.$$

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Surfaces de révolution à géodésiques toutes fermées*. Note de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. Hadamard.

1. Les géodésiques réelles d'une surface réelle S dépendent de deux paramètres $(a,\ b)$; pour avoir toutes les géodésiques, il faut faire décrire au point $(a,\ b)$ un certain domaine D d'un plan ωa, ωb; si pour tous les points d'un domaine D_1 tout entier intérieur à D, nous obtenons des géodésiques toutes fermées, il est naturel de dire que la surface est *partiellement à géodésiques toutes fermées;* si le domaine $(D-D_1)$ donne des géodésiques non fermées, on constate que les géodésiques du domaine D_1 remplissent une portion Σ de S et que cette portion Σ se trouve aussi sillonnée par les géodésiques non fermées. Pour que la surface soit *totalement à géodésiques toutes fermées*, il faut que D_1 remplisse exactement D.

Dans la Note XV du Tome 2 de la *Mécanique* de Despeyrous, Darboux traite complètement le cas des surfaces de révolution *partiellement* à géodésiques toutes fermées; cette note, très concise, se trouve reproduite textuellement, sauf quelques suppressions, aux pages 4-9 du Tome 3 de la *Théorie des Surfaces*.

Il y a peu à ajouter aux résultats de Darboux pour obtenir les surfaces de révolution *totalement* à géodésiques toutes fermées : écartons d'abord le cas du parallèle anguleux très particulier signalé dans ma Note précédente ([2]).

([1]) Publiée dans la Thèse russe citée.

([2]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1385.

La méridienne se compose d'un arc unique ACB joignant deux points A, B de Oz sans rencontrer Oz entre A et B, possède *un seul* parallèle de rayon maximum R, obtenu pour le point C; faisons passer Ox par C, appelons z_1 et z_2 les fonctions de r définies par les arcs CA et CB, u_1 et u_2 les arcs comptés positivement à partir de C, l'un de C vers A, l'autre de C vers B. Les fonctions z_1 et z_2 sont liées par l'unique condition de Darboux

$$(1)\qquad \sqrt{1+\left(\frac{dz_1}{dr}\right)^2}+\sqrt{1+\left(\frac{dz_2}{dr}\right)^2}=2\frac{p}{q}\frac{R}{\sqrt{R^2-r^2}},$$

les trois radicaux étant pris positivement, $\frac{p}{q}$ étant un nombre commensurable qui dans le cas *partiellement* est quelconque, mais dans le cas *totalement* est supérieur ou égal à l'unité. On peut se donner *arbitrairement tout l'arc* CA *ou* CB, *l'autre en résulte par une quadrature*, sous la condition que la fonction $\left|\frac{dz_1}{dr}\right|$ ou $\left|\frac{dz_2}{dr}\right|$ soit constamment majorée par la fonction $\left|\frac{dZ_2}{dr}\right|$, où la fonction Z_2 est définie par l'égalité

$$(2)\qquad 1+\sqrt{1+\left(\frac{dZ_2}{dr}\right)^2}=2\frac{p}{q}\frac{R}{\sqrt{R^2-r^2}},\qquad Z_2(R)=0,\qquad \frac{dZ_2}{dr}>0.$$

L'arc CB′ défini par l'égalité (2) peut être complété par le rayon rectiligne OC pour former une méridienne anguleuse : j'appelle *gong* $\left(\frac{p}{q}, R\right)$, en raison de sa forme, la surface de révolution ainsi engendrée, elle a ses géodésiques toutes fermées et est en quelque sorte *majorante* pour toutes les surfaces $\left(\frac{p}{q}, R\right)$ définies par (1).

Remarquons qu'on peut remplacer (1) par

$$(3)\qquad \left|\frac{du_1}{d\eta}\right|=R\left[\frac{p}{q}+f(\eta)\right],\qquad \left|\frac{du_2}{d\eta}\right|=R\left[\frac{p}{q}-f(\eta)\right],\qquad (r=R\cos\eta),$$

où η est compris entre 0 et $\frac{\pi}{2}$ et $f(\eta)$ une fonction *arbitraire* de η, continue ou discontinue, intégrable (au sens de Lebesgue par exemple), astreinte à la seule inégalité

$$(4)\qquad |f(\eta)|\leq\frac{p}{q}-\sin\eta.$$

Toute discontinuité de $f(\eta)$ entraîne deux parallèles anguleux concomitants, un sur CA, un sur CB. Si $f(\eta)$ n'est pas impaire, CA et CB sont des

branches de courbes analytiques différentes; en général l'équateur n'est pas anguleux, sauf si $f(0) = \pm \frac{p}{q}$.

Pour obtenir une surface dénuée de toute singularité, il est nécessaire et suffisant de prendre $p = q = 1$, $f(\eta)$ continue et impaire. L'hypothèse $p > 1$ entraîne une pointe conique soit en A, *soit en* B, *soit simultanément en* A *et* B.

2. L'arc CA′ défini par

$$(5)\quad -1+\sqrt{1+\left(\frac{dZ_1}{dr}\right)^2} = 2\frac{p}{q}\frac{R}{\sqrt{R^2-r^2}},\quad Z_1(R)=0,\quad \left(\frac{dZ_1}{dr}\right)<0$$

forme avec l'arc CB′ défini par (2) une seule et même courbe analytique continue; l'addition de (2) et (5) montre que A′CB′ est la méridienne d'une surface à géodésiques toutes fermées, car on retrouve l'équation (1), sauf échange de z_1, z_2, p, q en Z_1, Z_2, $2p$, q. Pour $p = 1$, on a ainsi retrouvé *sans calcul* la surface en forme de *poire* de J. Tannery, algébrique, de degré 4, qui a un point régulier en B′, un point conique en A′ et dont les géodésiques sont toutes algébriques; pour $p > 1$, on a deux pointes en A′ et B′, la surface est transcendante, mais la variable η donne des fonctions elliptiques fort simples. Appelons *poire* $\left(\frac{p}{q}, R\right)$ cette surface; le plan équatorial OC la coupe en deux tronçons: celui du bas, coiffé de l'équateur supposé plein reconstitue le gong; celui du haut, toujours pointu, pourra être appelé *obus* $\left(\frac{p}{q}, R\right)$. Si nous plaçons l'obus sur une plate-forme horizontale solidifiée *en dehors* de la base de l'obus, les géodésiques de l'obus se continuent sur le plan par le prolongement des parties rectilignes des géodésiques du gong $\left(\frac{p}{q}, R\right)$ complétant la poire; ces parties rectilignes sont portées par les côtés d'un polygone régulier de q côtés, ayant son centre au pied de l'axe. Il est bien clair que si nous disposons, sous cette plate-forme, un nouveau gong $\left(\frac{p'}{q'}, R'\right)$ où $R' > R$, coaxial au premier, de sorte que la plate-forme se réduira à une couronne circulaire, les géodésiques rectilignes, au lieu d'aller se perdre à l'infini, se renferment par la surface courbe du gong et la surface de révolution ainsi obtenue a ses géodésiques toutes fermées, avec un parallèle anguleux (base de l'obus) du type provisoirement écarté.

La généralisation de ce procédé est possible pour toutes les surfaces

déterminées au paragraphe précédent et donne des méridiennes admettant un nombre *arbitraire* de points anguleux tels qu'en chacun la tangente à *gauche* soit verticale, la tangente à droite inclinée sur Oz. On épuise ainsi *toutes* les surfaces de révolution à géodésiques toutes fermées.

3. Pour $q' = 1$, $q = 1$ dans l'exemple obus (p, R) coiffant un gong (p', R') on peut évidemment faire glisser l'obus sur la plate-forme du gong (toujours solidifié entre les deux cercles) sans que les géodésiques cessent de se fermer : mais alors *la surface cesse d'être de révolution*. On peut sur un gong (p', R') disposer un nombre arbitraire d'obus (p, R), (p_1, R_1) ... dont les bases soient tout entières intérieures à la plate-forme et l'on a toujours une surface non révolutive à géodésiques toutes fermées.

4. Un gong $\left(\frac{p}{q}, R\right)$ réduit à sa portion courbe et un obus $\left(\frac{p'}{q'}, R\right)$ forment un exemple simple de surfaces résiduelles (voir ma Note précédente).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur un théorème général relatif aux probabilités dénombrables*. Note de M. A. **Khintchine**, présentée par M. Émile Borel.

Envisageons une suite illimitée d'épreuves mutuellement indépendantes et supposons que la probabilité d'un événement $\mathcal{E}$ soit égale à p $(0 < p < 1)$ dans chaque épreuve. Supposons encore que $\mathcal{E}$ s'est réalisé $m(n)$ fois parmi les n premières épreuves, et posons

$$\mu(n) = m(n) - np.$$

On sait que $\mu(n)$ est, avec une probabilité aussi voisine que l'on veut de l'unité, infiniment petit par rapport à n. Or, j'ai réussi à trouver la limite supérieure exacte de l'ordre de grandeur de $\mu(n)$, en un sens parfaitement déterminé par ce qui suit.

Problème. — On cherche une fonction $\chi(n)$ satisfaisant à la condition suivante :

Quelque petit que soit $\varepsilon > 0$, il existe un entier positif $n_0 = n_0(\varepsilon)$ tel qu'avec une probabilité plus grande que $1 - \varepsilon$ on peut affirmer que :

1° Pour *tout* $n > n_0$ on aura

$$\left|\frac{\mu(n)}{\chi(n)}\right| < 1 + \varepsilon;$$

2° Pour *un* $n > n_0$ au moins on aura

$$\left|\frac{\mu(n)}{\chi(n)}\right| > 1 - \varepsilon.$$

Réponse. — *La solution du problème est donnée par*

$$\chi(n) = \sqrt{2p(1-p)n \log \log n},$$

toute autre solution étant asymptotique à celle-ci.

Je signale les propositions auxiliaires dont je fais usage dans la démonstration.

1. Soient $\varepsilon > 0$ arbitraire et $A(n)$ la probabilité de l'inégalité

$$\left|\frac{\mu(n)}{\sqrt{2p(1-p)n \log \log n}}\right| > 1 + \varepsilon.$$

On a

$$A(n) < \frac{K_1}{(\log n)^{1+\sigma}},$$

$K_1 > 0$ et $\sigma > 0$ étant indépendants de n.

2. Soit, de plus, $n_1 < n_2 < 2n_1$, et soit $B(n_1, n_2)$ la probabilité de l'inégalité

$$\left|\frac{\mu(n_1)}{\sqrt{2p(1-p)n_1 \log \log n_1}} - \frac{\mu(n_2)}{\sqrt{2p(1-p)n_2 \log \log n_2}}\right| > \varepsilon.$$

On a

$$B(n_1, n_2) < K_2 \left\{ e^{-K_3 \frac{n_1 \log \log n_1}{n_2 - n_1}} + n_1 e^{-K_4 \sqrt{n_1}} \right\},$$

les K étant indépendants de n_1, n_2 et positifs.

3. Soit $D(n)$ la probabilité de l'inégalité

$$\frac{\mu(n)}{\sqrt{2p(1-p)n \log \log n}} > 1 - \varepsilon \qquad (0 < \varepsilon < 1).$$

On a

$$D(n) > K_5 \frac{\sqrt{\log \log n}}{(\log n)^{1-\tau}},$$

$K_5 > 0$ et $\tau > 0$ étant indépendants de n.

Remarques sur la Note de M. A. Khintchine, par M. **Émile Borel**.

On ne diminue pas l'importance des beaux résultats de M. Khintchine en faisant observer que son problème est partiellement arbitraire du fait qu'il

introduit un seul et même nombre ε dans deux parties de l'énoncé entièrement indépendantes l'une de l'autre. La méthode de M. Khintchine s'appliquerait certainement aussi à la solution du problème plus général dans lequel, les conditions 1° et 2° de son problème restant les mêmes, on pourrait seulement affirmer que ces conditions sont vérifiées avec une probabilité supérieure à $1-\eta$, η tendant vers zéro en même temps que ε suivant une loi simple donnée, soit $\eta=\varphi(\varepsilon)$. On pourrait aussi se proposer de déterminer cette fonction $\varphi(\varepsilon)$ de telle manière que la solution du problème soit donnée par une formule analogue à celle qui donne $\chi(n)$, mais où $\log\log n$ serait remplacé par une autre fonction donnée. Il serait sans doute commode, pour résoudre ces problèmes, de simplifier certaines des inégalités auxiliaires de M. Khintchine, en utilisant la possibilité de modifier la valeur numérique de certaines des constantes qui y figurent.

ÉLASTICITÉ. — *Plaques rectangulaires épaisses.*
Note de M. **Carl A. Garabedian**, présentée par M. Mesnager.

J'ai exposé récemment (1) une méthode de séries se rapportant à la théorie de l'élasticité, en résumant deux opuscules dans lesquels j'ai donné le détail des calculs ayant trait (*i*) aux plaques circulaires d'épaisseur constante ou variable et (*ii*) aux tiges d'une section circulaire constante ou variable. Maintenant je me propose d'étudier pareillement les plaques rectangulaires. On peut donc supposer une épaisseur variable, mais je me borne ici à une épaisseur constante et de plus à une charge uniformément répartie. Ainsi les équations aux dérivées partielles se trouveront beaucoup moins compliquées, et peut-être sera-t-il possible de les résoudre de manière à trouver les solutions exactes (2).

Nous suivons une marche analogue à celle déjà élaborée dans notre opuscule sur les plaques circulaires. Si les bases de la plaque sont $z=\pm h$, nous écrivons $z=\zeta t, h=\eta t$, et conformément à notre *supposition fondamentale* nous exprimons les déplacements sous la forme

$$u(x,y,z)=u_0(x,y,\zeta)+u_1(x,y,\zeta)t+u_2(x,y,\zeta)t^2+\ldots, \quad (1)$$

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 942.

(2) Comme solution exacte donnée pour les plaques rectangulaires, je ne connais que celle de M. Mesnager, *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 721 et t. 165, 1917, p. 551. Voir aussi : M. Ribière, *Thèse*, 1888; Gounouilhou, Bordeaux.

v et w ayant de semblables développements. Dans ces formules de déplacement les coefficients sont déterminés comme suit (1) :

1° Supposons nulles les forces extérieures s'exerçant sur le volume, et nous avons trois équations en u, v, w qui se présentent comme des identités en t. Elles déterminent formellement les coefficients dans les séries (1) jusqu'aux fonctions arbitraires de x et y.

2° Les conditions se rapportant aux bases de la plaque s'expriment par six identités en t, desquelles nous tirons les équations aux dérivées partielles qui précisent les fonctions arbitraires de x et y.

3° Les constantes d'intégration sont fixées suivant les conditions des bords; nous employons ici les définitions ordinaires (Love, p. 468) d'un bord libre, appuyé ou encastré. D'après notre méthode, nous nous servons des conventions de Love, p. 462; bref nous exprimons

$$T_1, T_2, N_1, N_2, G_1, G_2, H_1 = -H_2, S_1 = -S_2$$

au moyen des déplacements (1), et nous supposons que ces efforts *résultants* s'écrivent ainsi :

$$T_1 = T_1^0 + T_1^1 t + T_1^2 t^2 + T_1^3 t^3 + \ldots, \text{ etc.} \tag{2}$$

Ici les coefficients sont fonctions de x et y seulement. Dans ces développements du type (2) il ne nous reste plus qu'à calculer les coefficients au moyen de u, v, w, pour traiter les différentes conditions dans lesquelles peuvent se présenter les bords de la plaque.

Ayant esquissé l'essentiel afin de résoudre le problème de la plaque rectangulaire, je vais donner un exemple explicatif. Je me borne ici au problème de Navier (quatre bords appuyés), et j'emploie les séries doubles pour éviter les formules un peu plus longues de la méthode de M. Levy (2).

Il faut dire qu'en suivant la marche décrite ci-dessus, il n'y a dans le cas d'une charge uniforme aucun terme d'un ordre plus élevé que t^4. Dans notre problème particulier on trouve donc les formules concises pour u, v, w, comme aussi pour les efforts X_x, Y_y, Z_z, Y_z, Z_x, X_y. Quant aux efforts résultants, on obtient des formules simples pour N_1, N_2, G_1, G_2,

---

(1) J'emploie les notations de Love (*The Mathematical Theory of Elasticity*, Cambridge, 1920).

(2) *Comptes rendus*, t. 129, 1899, p. 535. — Voir aussi : M. Estanave, *Thèse*, 1900; Gauthier-Villars, Paris.

$H_1 = -H_2$; T_1, T_2 et $S_1 = -S_2$ s'annulent dans toute la plaque. Faute de place je ne donne ici que les déplacements; on peut calculer les efforts au moyen de ces déplacements si besoin est. Si l'on pose $m = \frac{i\pi}{a}$, $n = \frac{j\pi}{b}$, i et j impair, il résulte :

$$(3a)\quad u = \frac{16pz}{abD}\sum\sum\frac{\cos mx \sin ny}{n(m^2+n^2)^2} - \frac{\sigma p(a-2x)h^3}{6(1-\sigma^2)D}$$
$$- \frac{8p}{15(1-\sigma)abD}\{3(2+3\sigma)h^2z - 5(2-\sigma)z^3\}\sum\sum\frac{\cos mx \sin ny}{n(m^2+n^2)};$$

(3b) v se déduit de u par permutation des axes;

$$(3c)\quad w = -\frac{16p}{abD}\sum\sum\frac{\sin mx \sin ny}{mn(m^2+n^2)^2}$$
$$-\frac{8p}{5(1-\sigma)abD}\{(8-3\sigma)h^2 - 5\sigma z^2\}\sum\sum\frac{\sin mx \sin ny}{mn(m^2+n^2)}$$
$$-\frac{p}{120(1-\sigma^2)D}\{40h^3z + 6(5-3\sigma)(1+\sigma)h^2z^2 - 5(1+\sigma)^2z^4\}.$$

Ici les bords de la plaque sont $x = 0$, $x = a$, $y = 0$, $y = b$, et la base $z = h$ est soumise à une pression p par unité d'aire. Les constantes σ et D se conforment aux notations de Love.

Lorsqu'on met $z = 0$ dans les formules ci-devant, on obtient u, v, w pour le feuillet moyen. En particulier, nous remarquons qu'il reste dans $w(x, y, 0)$ un terme correctif en h^2, lequel manque dans la théorie approximative; en effet, dans cette théorie la solution (due à Navier) est justement le premier terme dans notre w.

Qu'il me soit permis de dire en terminant qu'on peut appliquer également la méthode de séries dans le cas des équations aux dérivées partielles du paragraphe 2, qui se présentent comme équations différentielles *auxiliaires* dans notre conduite du problème de la plaque. Ainsi l'on a des équations aux dérivées *totales*, et l'on trouve de nouvelles solutions pour les poutres d'une section rectangulaire.

Observation de M. **Mesnager** *sur la Note précédente.*

M. Garabedian donne par sa méthode les formules rigoureuses de la plaque rectangulaire *épaisse*, uniformément chargée posée sur son contour; mais avec une répartition parabolique des réactions dans l'épaisseur dont il n'est pas le maître. Cette répartition n'a d'influence sensible qu'à une dis-

tance du contour inférieure à l'épaisseur et d'ailleurs on doit pouvoir s'en affranchir.

Cette solution est très intéressante, car les expressions obtenues par Navier, il y a un siècle, s'appliquent seulement à la plaque infiniment mince (ou à la plaque épaisse, astreinte à ce que ses normales restent rectilignes et normales à la surface pendant la déformation, ce qui s'écarte fort de la réalité).

J'avais résolu le problème de la plaque épaisse chargée au centre en 1917 (¹); mais j'avais renoncé à calculer le cas de la plaque chargée en d'autres points à cause de la complication des calculs.

En appliquant la solution de M. Garabedian au cas d'une plaque indéfinie en un sens, on retombe sur les formules de tensions que j'avais données en 1901 (²) pour la poutre rectangulaire uniformément chargée. En particulier on constate que la composante verticale des pressions sur les plans horizontaux est identiquement la même dans la plaque et dans la poutre.

CHRONOMÉTRIE. — *Sur un chronographe enregistreur, imprimant jusqu'aux centièmes de seconde.* Note de M. **L. Leroy**, présentée par M. Bigourdan.

Cet appareil, construit par MM. Leroy et Brillié, est constitué par un moteur électrique semblable à celui du transmetteur de signaux horaires de l'Observatoire de Paris, et synchronisé quatre fois par seconde par un chronomètre de marine.

Les tops sont produits automatiquement par un contact électrique, et l'enregistrement se fait par frappe directe, en caractères lisibles qui s'impriment sur une bande de papier, formant ainsi un document permanent dont l'avantage est évident.

Le volume du chronographe est à peine supérieur à celui du chronomètre de marine, ce qui en rend l'emploi facile pour les épreuves sportives.

Le chronométrage au centième de seconde est assuré avec toute la précision désirable.

C'est avec un plein succès que les épreuves sportives de Chamonix ont été chronométrées au moyen de cet appareil. Sans doute il pourra aussi rendre des services à l'Astronomie.

(¹) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 551.
(²) *Comptes rendus*, t. 132, 1901, p. 1475.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la résultante aérodynamique d'un planteur soumis à des pulsations aériennes verticales*. Note de M. **Louis Breguet**, présentée par M. Deslandres.

M. Rateau a analysé (¹), par des calculs que nous établissions simultanément, le problème d'une aile immobile soumise à un courant d'air ondulé. Mais pour un planeur libre, utilisant au mieux les pulsations verticales du vent, la période des pulsations, qui n'intervenait pss pour l'aile fixe, devient le facteur prépondérant de la discussion, ainsi que cette Note va l'établir.

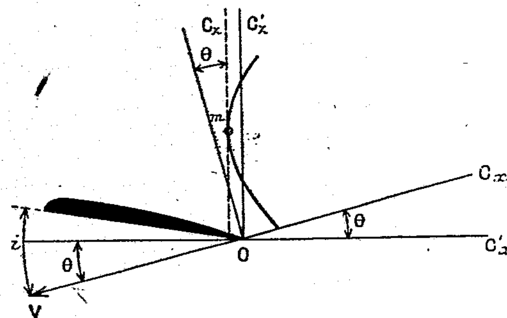
Soient :

i, c_x, c_z l'incidence au temps t de l'aile comptée à partir de celle du minimum de traînée et les coefficients de traînée et de poussée rapportés à la vitesse aérodynamique et à sa normale;

c'_x, c'_z, a, g les mêmes coefficients rapportés à l'horizontale et à la verticale, le poids spécifique de l'air et l'accélération de la pesanteur;

v, v_M, T la vitesse de la pulsation verticale agissant sur le planeur au temps t, sa valeur maximum et sa période; en posant $\omega T = 2\pi$, nous admettrons que $v = v_M \sin \omega t$;

P, S, V, θ le poids et la surface du planeur, la grandeur de sa vitesse aérodynamique dont nous négligerons les variations et l'inclinaison au temps t de cette vitesse sur l'horizontale.



Les angles i et θ, en radians, seront positifs dans le cas de la figure. En nous bornant aux incidences en fonction desquelles on peut représenter c_x par une parahole et c_z par une droite, nous écrirons, α, β, A, B, étant des

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 280.

constantes,

$$c_x = \alpha + \beta i^2, \tag{1}$$
$$c_z = A + Bi. \tag{2}$$

Mais la figure montre que la meilleure valeur de c'_x sera toujours obtenue au point m de la polaire pour lequel la tangente fait l'angle θ avec l'axe des c_z, ce qui donne la condition $dc_x = \theta dc_z$, d'où, d'après (1) et (2), $i = \frac{B}{2\beta}\theta$. Assimilons $\cos\theta$ à 1, $\sin\theta$ à θ et négligeons les termes en θ^3, ainsi que α devant $\frac{B^2}{2\beta}$, il vient, en remplaçant i par $\frac{B}{2\beta}\theta$,

$$c'_x = c_x - \theta c_z = \alpha - A\theta - \frac{B^2}{4\beta}\theta^2, \tag{3}$$
$$c'_z = c_z + \theta c_x = A + \frac{B^2}{2\beta}\theta. \tag{4}$$

Mais $\frac{dz}{dt}$ étant la vitesse verticale du centre de gravité du planeur, on a

$$\theta = \frac{V - \frac{dz}{dt}}{V}, \tag{5}$$

$$\frac{P}{g}\frac{d^2z}{dt^2} = \frac{a}{2g}c'_z SV^2 - P = \frac{a}{2g}ASV^2 + \frac{aB^2SV}{4\beta g}\left(V_M \sin\omega t - \frac{dz}{dt}\right) - P. \tag{6}$$

La périodicité du mouvement exige que la somme des termes constants de l'équation (5) soit nulle, d'où

$$P = \frac{a}{2g}ASV^2. \tag{7}$$

En posant alors

$$\rho = \frac{P}{SV}\frac{4\beta}{aB^2}, \tag{8}$$

il vient

$$\rho\frac{d^2z}{dt^2} + \frac{dz}{dt} = V_M \sin\omega t. \tag{9}$$

Remplaçons, dans la formule (5), $\frac{dz}{dt}$ par la solution permanente de l'équation (9), nous obtenons facilement

$$\theta = \frac{V_M}{V}\frac{\omega\rho}{1 + \omega^2\rho^2}(\omega\rho\sin\omega t + \cos\omega t). \tag{10}$$

Ceci étant posé, la condition du vol à voile est que la valeur moyenne de c_x soit nulle dans la période. Celle de θ étant nulle, il reste, d'après la

formule (3),

$$\frac{1}{T}\int_0^T \theta^2\,dt = \frac{4\alpha\beta}{B^2}. \tag{11}$$

Or la formule (10) permet d'évaluer l'intégrale du premier membre. Finalement, la condition de possibilité du vol s'écrit sous la forme d'une simplicité remarquable :

$$\left(\frac{v_M}{V}\right)^2 = \frac{8\alpha\beta}{B^2}\left(1 + \frac{1}{\omega^2\rho^2}\right). \tag{12}$$

Discussion. — Pour un très bon planeur, $\alpha = 0{,}014$, valeur qui tient compte de résistances nuisibles faibles. Le coefficient β, voisin de 1,3, varie peu d'une aile à l'autre. Quant à B, quel que soit le profil, il ne dépend que de l'envergure relative en fonction de laquelle il varie de 3,8 à 5 lorsque cette envergure croît de 5 à 10. Notons enfin que la croissance de B entraîne, pour un même profil, celle de A. A la discussion de l'équation (12), il apparaît qu'une faible résistance α, une courte période, une faible valeur de $\frac{P}{S}$, et de grandes valeurs de B et de A sont avantageuses. Cette conclusion et la croissance simultanée de B et de A avec l'envergure relative montrent l'avantage indiscutable des ailes peu profondes et de grande envergure.

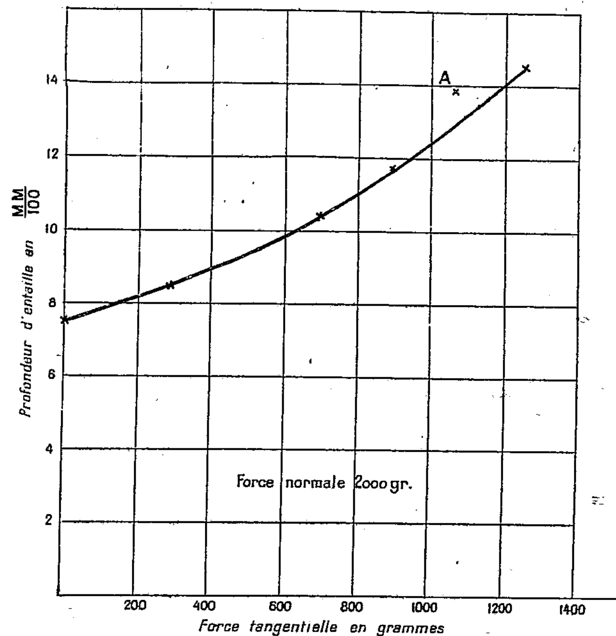
Cette conclusion nouvelle nous a paru digne de remarque, car elle explique l'étroitesse, étonnante a priori, *des ailes des oiseaux de mer bons voiliers, notamment des albatros dont la grande envergure relative est si frappante.*

Notons maintenant que $\frac{8\alpha\beta}{B^2}$ est le carré de l'oscillation verticale que devrait avoir le vent relatif pour une période infiniment courte, sa valeur étant 0,0058, pour $\alpha = 0{,}014$, $\beta = 1{,}3$ et $B = 5$, d'où une oscillation de $4°21'$. Pour une période de 1″, $\frac{P}{S} = 10$ et $A = 0{,}3$, nous trouvons $V = 23$ m : s, $\rho = 0{,}074$, $\frac{v_M}{V} = 0{,}183$, d'où une oscillation de $10°20'$ et une vitesse v_M de $4^m{,}20$.

Les pulsations verticales des vents marins ne semblent pas avoir une telle intensité pour des périodes de l'ordre d'une seconde. Aussi nos calculs montrent-ils que les oiseaux, tout en les utilisant, ne peuvent en tirer la totalité de l'énergie nécessaire au vol sans battements.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur la déformation que produit une force tangentielle dans la surface de contact entre deux corps.* Note de M. **Alfred Muller**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Dans la méthode sclérométrique de mesure de la dureté des matériaux, on applique à la pointe rayante une force normale et une force tangentielle, et pour exprimer la dureté on ne se sert que de la relation qui existe entre la force normale et la raie produite, sans tenir compte d'une influence possible de la force tangentielle sur la formation de la raie. Cette influence doit cependant exister selon toute probabilité. Pour une pointe glissante il serait peut-être difficile de la mettre directement en évidence; mais j'ai pu le faire d'une façon très simple pour le cas plus général de deux corps de duretés différentes, se trouvant en contact sous l'influence d'une force normale et d'une force tangentielle.



Je me suis servi d'un trièdre en acier et d'un trièdre en aluminium, disposés en croix, deux arêtes se touchant, de façon que l'arête du trièdre en acier ait produit une entaille sur l'arête du trièdre en aluminium. En

appliquant d'abord une force normale donnée, puis y ajoutant une force tangentielle croissante, j'ai trouvé que la profondeur de l'entaille formée sous la force normale a augmenté d'une façon régulière avec la force tangentielle, comme l'indique la courbe donnée ci-contre.

Sur cette courbe, qui se rapporte à une force de 2000^g, l'abscisse est la force tangentielle en grammes, tandis que l'ordonnée marque la profondeur de l'entaille en centièmes de millimètre.

J'ai opéré dans des conditions de frottement particulièrement favorables à cette démonstration, c'est-à-dire avec un grand coefficient de frottement, qui, sans être resté constant, a dépassé quelquefois 0,8.

Pour avoir une surface de contact régulière, j'ai commencé par donner un polissage parfait (avec la meule à l'alumine) à l'arête en acier. J'ai pu obtenir ceci en arrondissant l'extrémité de l'arête. Ensuite j'ai fait glisser cette arête bien polie plusieurs fois sur une arête en aluminium. Le coefficient de frottement s'est accru, en même temps que l'acier s'est recouvert d'une mince couche d'aluminium. Les profondeurs d'entaille ont été mesurées sur des photographies, silhouettées au microscope.

La courbe montre aussi l'influence sur la grandeur de l'entaille qu'exerce un *glissement* de l'arête coupante. En effet, pour le point A un seul glissement s'est produit d'une longueur d'environ 10^{mm}.

En étudiant de plus près la nature de l'influence de la force tangentielle, on arriverait peut-être à trouver une relation tout aussi propre à exprimer la notion de la dureté que le sont les relations dont on se sert actuellement. Ni le nombre scléromètrique, ni le nombre Brinell, ne correspondent à un coefficient propre à la matière examinée. Ils dépendent tous deux des conditions de l'expérience.

MAGNÉTISME. — *Sur les lois des anomalies magnétiques provoquées soit par les courants électriques, soit par les gisements magnétiques.* Note [1] de M. **P. Lasareff**, présentée par M. Jean Perrin.

La présente Note a pour objet d'indiquer un critérium qui permette de distinguer les anomalies magnétiques provoquées par les courants électriques, de celles provoquées par la présence des gisements magnétiques. J'examinerai d'abord l'anomalie due à l'existence d'un courant électrique

[1] Séance du 4 février 1924.

rectiligne parallèle à la surface de la Terre et l'anomalie dépendant de l'action des pôles magnétiques distribués uniformément sur une ligne droite parallèle à la même surface.

J'appellerai ligne fondamentale de l'anomalie la projection du courant et celle de la ligne magnétique.

Soit a (*fig.* 1) la distance OA du courant ou de la ligne magnétique de a surface de la Terre. Nous admettrons que le plan de la figure est perpendiculaire à ces lignes. D'autre part soient x la distance AB (B représente le point d'observation) et r la distance OB.

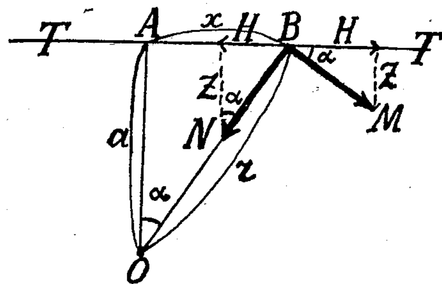


Fig. 1.

Je calculerai les variations de la composante verticale anomale Z_a et la composante horizontale anomale H_a dans le cas de courant électrique et dans le cas de gisement magnétique.

A. *Courant électrique.* — La force magnétique due au courant peut être représentée par un vecteur $BM = M = \frac{B}{r}$ où B est une constante dépendant de l'intensité du courant (*fig.* 1)

$$(I)\quad \begin{cases} H_a = M\cos\alpha = \dfrac{Ba}{x^2+a^2}, \\ Z_a = M\sin\alpha = \dfrac{Bx}{x^2+a^2}. \end{cases}$$

B. *Gisement magnétique linéaire.* — La force d'attraction sur l'unité de masse magnétique exercée par la ligne des pôles est égale à $BN = N = \frac{B}{r}$, où B est une constante (*fig.* 1)

$$(II)\quad \begin{cases} H_a = N\sin\alpha = \dfrac{Bx}{a^2+x^2}, \\ Z_a = N\cos\alpha = \dfrac{Ba}{a^2+x^2}. \end{cases}$$

Les expressions (I) et (II) sont représentées dans la figure 2, où la ligne AA représente la fonction $\frac{Ba}{x^2+a^2}$ et la ligne BB la fonction $\frac{Bx}{x^2+a^2}$ ($B=1$ et $a=1$).

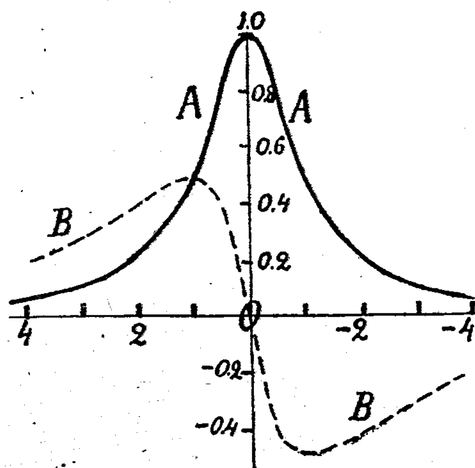


Fig. 2.

Si au lieu d'une ligne de pôles unique nous avions deux lignes sur lesquelles étaient distribuées des masses égales et de signe contraire, nous aurions

$$Z_a = B\left[\frac{a}{a^2+x^2} - \frac{b}{b^2+(x-c)^2}\right] \quad \text{et} \quad H_a = B\left[\frac{x}{a^2+x^2} - \frac{x-c}{b^2+(x-c)^2}\right],$$

a et b étant les distances des lignes de pôles à la surface de la Terre et c la distance des projections de ces lignes sur la même surface.

Si les anomalies sont produites par plusieurs lignes de pôles parallèles nous avons

$$Z_1 = \Sigma B_1\left[\frac{a_1}{a_1^2+(x-e_1)^2}\right] \quad \text{et} \quad H_1 = \Sigma B_1\left[\frac{x-c_1}{a_1^2+(x-c_1)^2}\right],$$

où Σ est la somme des termes ayant B_1, a_1, c_1 variant d'une ligne à l'autre.

On peut donner un second critérium pour résoudre la question des causes d'anomalie : les vecteurs de H_a sont toujours perpendiculaires à la ligne fondamentale; mais tandis que dans le cas du courant ces vecteurs ont la même direction en traversant la ligne fondamentale, dans le cas des gisements linéaires, par contre, la direction des vecteurs change de signe en traversant la ligne fondamentale.

Si au lieu des Z_a et H_a nous prenons Z et H directement observées, nous

obtenons pour Z les lois semblables : le maximum de Z (gisement) et la valeur normale de Z (courant) correspondent à la ligne fondamentale, Z étant égale à $Z_a + Z_n$ (Z_n est constante dans le domaine de l'anomalie).

Si la ligne fondamentale est perpendiculaire à la direction du méridien magnétique les lois pour H restent également semblables au cas déjà cité, mais elles sont plus compliquées si la ligne fondamentale fait un angle différent de 90° avec le méridien.

J'indiquerai enfin que pour les déclinaisons nous obtenons les lois suivantes : dans le cas des gisements la région de la ligne fondamentale sépare les domaines de déclinaison à l'ouest des domaines de déclinaison à l'est. Dans le cas du courant électrique nous avons le long de la ligne fondamentale une inflexion des isolignes de D.

Dans le domaine de l'anomalie de Koursk, que j'ai déjà étudiée dans deux Notes précédentes (¹), la distribution de Z, H et D correspond en tous points à l'existence d'un gisement.

RADIOACTIVITÉ. — *Technique chimico-physique de détection du polonium injecté dans les organes.* Note de Mme **J. Samuel Lattès** et M. **Antoine Lacassagne**, transmise par M. Jean Perrin.

Fernau, Schramek et Zarzycki (²), ayant injecté du polonium à des animaux, l'ont recherché dans certains organes au moyen d'une méthode chimique, qu'ils décrivent en indiquant aussi leur technique de préparation d'une solution de polonium injectable par voie intra-veineuse.

Nous avons repris ces recherches dans le but de compléter et d'étendre les résultats déjà connus, en utilisant une technique qui nous a paru susceptible de fournir des résultats plus précis.

Le polonium a été préparé, purifié et dosé par les procédés actuellement en usage au laboratoire Curie, en adoptant comme mesure la valeur en unités E. S. du courant de saturation produit par l'absorption totale, dans l'air, des rayons α émis par une lame sur laquelle on a déposé le polonium.

L'énergie ainsi mesurée constitue la moitié de l'énergie du rayonnement, l'autre moitié étant absorbée dans le métal, tandis que, dans l'organisme injecté, l'énergie est utilisée tout entière. Les mesures qui concernent ce

---

(¹) P. Lasareff, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1232; t. 178, 1924, p. 510.

(²) A. Fernau, Schramek et Zarzycki, *Ueber Wirkung von Polonium-Strahlentherapie*, t. 3, 1913, p. 333.

travail ayant toujours été effectuées de la même manière sont toutes comparables.

La solution injectable est préparée à partir d'un dépôt de polonium antérieurement fait sur lame d'argent. On dissout entièrement cette lame dans de l'acide azotique étendu, on précipite l'argent sous forme de chlorure par addition d'acide chlorhydrique. Le polonium reste dans le liquide qu'on sépare du précipité par filtration et lavage. On débarrasse complètement ce liquide actif de toute trace d'acide azotique — gênant dans la suite — par plusieurs évaporations à sec et adjonctions successives d'HCl. Ce point réalisé, on dissout le résidu impondérable de cette série d'évaporations dans de l'eau légèrement acidulée par HCl ([1]) et l'on procède à un dosage par gouttes déposées sur lames de verre suivant une technique en usage, sur laquelle nous n'insisterons pas. Ensuite cette solution, sous un faible volume (1^{cm^3} à 2^{cm^3}), est ajoutée à du sérum artificiel ou à du sérum sanguin de l'animal à injecter.

Nous décrirons dans cette Note la technique chimico-physique qui nous a servi à mesurer le polonium dans les organes des animaux injectés.

Nous avons cherché à élaborer une technique qui fût à la fois relativement simple, rapide, et exempte de graves causes d'erreur. Pour cela, nous avons rejeté les procédés qui auraient exigé des filtrations plus ou moins nombreuses (elles ont, en effet, le grave inconvénient de fixer sur les filtres des quantités de polonium parfois considérables), ceux qui auraient entraîné l'éparpillement des substances actives, ou l'absorption du polonium par des substances étrangères, comme le charbon pulvérisé résultant de la combustion incomplète des organes. Suivant ces directives, nous avons cherché à réaliser pour chaque organe une solution organo-minérale d'où le polonium puisse être extrait directement par dépôt sur argent. Nous y sommes parvenus de la façon suivante :

Chaque organe, après avoir été pesé, est soumis à l'action du chlore naissant par adjonction progressive de ClO^3K et de HCl concentré.

L'opération, assez tumultueuse, a lieu à froid et se continue au bain-marie, en plein air, près de hottes communiquant avec une aspiration à air comprimé. Quand la dissociation des tissus est complète, on obtient ainsi un liquide clair et homogène. On y ajoute un excès de HCl et l'on fait bouillir pendant 20 minutes dans ce liquide une lame d'argent pur (dimension $4^{cm} \times 4^{cm} \times 0^{cm},02$) sur laquelle s'effectue le dépôt

---

([1]) Afin d'obvier à la tendance que possède le polonium d'adhérer facilement aux parois des récipients qui le contiennent quand il est en solution neutre, nous avons dû ajouter une trace d'HCl ($0^g,020$ environ) à la solution. Nous évitions ainsi une cause d'erreur, survenue dans une de nos premières expériences, dans laquelle le flacon ayant contenu la solution non acidulée avait retenu sur ses parois une très importante quantité de polonium.

du polonium. On mesure ensuite dans une chambre d'ionisation à rayonnement α, à l'aide d'un dispositif électrométrique, successivement l'activité des deux faces de cette lame.

Des déterminations préalables nous ont amenés à constater que l'activité mesurée dans ces conditions représentait, à un faible pourcentage près, l'activité contenue dans la solution organo-minérale. En effet, le résidu sec de la solution désactivée n'a conservé, dans un grand nombre des cas examinés, qu'une activité résiduelle tout à fait négligeable devant celle de la lame d'argent. Il faut observer que l'activité qui se dépose sur la tranche de la lame se trouve mesurée deux fois, d'où une erreur en sens inverse de celle provenant de l'activité conservée par le résidu sec. Mais ces deux sortes d'erreur, positive d'une part, négative d'autre part, sont assez faibles pour qu'il n'y ait pas eu lieu de se préoccuper d'une correction à appliquer.

Nous nous sommes attachés du reste, une fois notre technique établie, à l'appliquer sous la même forme dans tout le cours des déterminations qui font l'objet de cet exposé, afin qu'elles soient toutes comparables entre elles. En outre, on a examiné le cas où l'organe analysé contient des graisses. Celles-ci ne sont pas détruites par l'action du chlore, mais sont seulement libérées des cellules détruites et flottent dans le liquide. Ces graisses, prélevées hors de la solution après ébullition de celle-ci, se sont montrées parfaitement inactives, par suite il n'a pas été tenu compte de cette particularité.

Cette méthode permet de déceler des quantités de l'ordre 10^{-3} U. E. S. par gramme d'organe, lorsque celui-ci atteint 10 à 15^g. La méthode radiographique pour la détection dans un organe, d'une aussi faible quantité de polonium, ne donnerait pratiquement aucun résultat.

Par contre la méthode chimico-physique nous donne seulement *l'activité moyenne* d'un organe. Seule *l'auto-histo-radiographie* nous renseigne sur la répartition du polonium dans les divers tissus d'un même organe.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherches sur la fluorescence de quelques composés organiques*. Note de MM. **Edmond Bayle** et **René Fabre**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons été amenés, depuis longtemps, à utiliser les fluorescences de teintes variées que provoque l'éclairage ultraviolet, soit pour différencier des taches de diverses natures, soit pour mettre en évidence des traces difficilement décelables.

Nous avons songé à étendre cette technique opératoire à la recherche de composés organiques existant en faibles quantités dans des mélanges complexes, où ils sont difficiles à séparer rigoureusement par des procédés

analytiques ordinaires. Ayant eu en particulier à rechercher divers produits stupéfiants dans des poudres susceptibles d'en contenir, nous avons constaté que la novocaïne donne, sous l'influence des radiations ultraviolettes, une fluorescence très intense, tandis que la cocaïne et la stovaïne, dans les mêmes conditions, restent parfaitement obscures. Ce phénomène est tellement net qu'il permet de séparer à la pince les cristaux de novocaïne dans un mélange complexe.

Il en est de même d'un mélange où entre du salicylate de soude à côté de produits inactifs comme le talc, le borax, etc. Le salicylate de soude peut être aisément séparé à cause de la vive fluorescence violette qu'il émet sous le rayonnement ultraviolet.

Ces observations nous ont conduits à généraliser ces recherches et à étudier tout d'abord la fluorescence de l'acide salicylique et de ses dérivés. Ces derniers (sels, éthers, etc.) assez nombreux et bien définis sont, en effet, d'un usage fort courant et leur étude, à ce point de vue, présentait quelque intérêt.

Comme radiation excitatrice nous avons utilisé la raie 3650 du mercure (brûleur Henri George, filtre épais à l'oxyde de nickel).

Nous avons tenté d'étudier le spectre des fluorescences observées et de tracer pour chacun d'eux, au moyen du spectrophotomètre Yvon, la courbe de la répartition de l'énergie, mais en aucun cas la fluorescence n'a été assez intense pour permettre de telles mesures. Nous n'avons pu qu'apprécier, pour un certain nombre des corps étudiés, la longueur d'onde dominante.

Pour cela, le corps examiné, comprimé sous forme de pastilles, est placé, en même temps qu'il est irradié, au foyer d'une petite lunette (lunette de réglage du spectrophotomètre précité) et la plage ainsi observée est comparée avec celle que donnent, dans la lunette du comparateur, les différentes régions du spectre d'une petite lampe à incandescence. On amène ces deux plages à égalité de teinte en faisant tourner le système dispersif. Selon que les teintes sont plus ou moins complexes l'évaluation se fait à 10 ou 50 angströms près.

Pour apprécier l'intensité nous avons disposé l'ensemble des pastilles les unes à côté des autres et nous avons noté leur fluorescence en désignant par 20 l'intensité du salicylate de soude. Les composés liquides ont été examinés dans des tubes en quartz [1].

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

---

[1] Les détails de la technique opératoire seront donnés dans un autre recueil.

	Fluorescence excitée par la raie 3650 du mercure.		
	Couleur.	Longueur d'onde dominante.	Intensité.
Benzène	o	o	o
Phénol	o	o	o
Diphénol ortho : pyrocatéchine	violet foncé	»	1
» méta : résorcine	o	o	o
» para : hydroquinone	noir violacé	»	0,5
Acide benzoïque	légèrement bleu	»	3
Benzoate de soude	blanchâtre	»	4
» de lithine	viol. lavé de blanc	»	3
» de mercure	violet	»	2
» de naphtol (benzonaphtol)	verdâtre	»	8
Acide ortho : oxybenzoïque (acide salicylique)	viol. lavé de blanc	4640	8
» méta : »	id.	4660	6
» para : »	bleu violacé	4730	3
Salicylate de sodium	violet	4580	20
» de potassium	violet	4540	14
» de lithium	violet	4580	12
» de magnésium	bleu violacé	4630	5
» de mercure	verdâtre	»	5
» de bismuth	o	o	o
» de quinine	violet pâle	»	2
» d'ésérine	bleu violacé	4670	4
» d'antipyrine	id.	4680	11
» de méthyle	verdâtre	»	4
» d'éthyle	id.	»	4
» d'amyle	bleu violacé	»	4
» de benzyle	violet	»	4
» de phénol (salol)	bleu verdâtre	4780	10
» de naphtol (betol)	bleu	4630	8
» d'acétylparaminophénol (salophène)	bleu verdâtre	4780	10
Acide acétylsalicylique	o	o	o
Coumarine	violacée	»	4
Saccharine	blanchâtre	»	3
Acide sulfanilique	gris jaunâtre	»	1
Novocaïne	bleu violet	4670	18
Méta-oxybenzoate de sodium	violet foncé	»	2,5
Para-oxybenzoate de sodium	bleu violacé	»	3
Acide dioxybenzoïque (résorcylique)	bleu verdâtre	4780	11
Résorcylate de sodium	violet	»	2
Cocaïne (chlorhydrate)	o	o	o
Stovaïne »	o	o	o

Nous nous proposons de poursuivre ces recherches en donnant à la longueur d'onde de la radiation excitatrice des valeurs plus petites (ultraviolet) et aussi des valeurs plus grandes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Détermination de la température d'ébullition du brome.* Note (¹) de MM. A. **Bouzat** et G. **Leluan**, transmise par M. Paul Sabatier.

La température d'ébullition du brome a été l'objet de nombreuses déterminations, mais les résultats présentant des différences importantes (²) nous avons cru utile de refaire cette mesure.

Dispositif et conduite des expériences. — Nous avons employé un appareil en pyrex dont les différentes parties étaient réunies par des rodages.

Le ballon, de forme cylindrique, contenait une couche de 5^{cm} au moins de flint concassé, destiné à éviter la surchauffe. Après chaque opération, le flint était lavé, et pour qu'il reprît ses propriétés, il était, pendant 48 heures, exposé à l'air à l'abri des poussières.

Le thermomètre, suspendu par un crochet de verre, avait son réservoir à quelques centimètres au-dessus du liquide et sa tige entourée d'une double enveloppe de vapeur. Il était gradué en vingtièmes de degré, de 54° à 66°. On l'a comparé à un thermomètre étalon Baudin dont on a repris le zéro. Les indications ont été rapportées à celles du thermomètre à hydrogène (³).

La pression barométrique était lue au commencement et à la fin de chaque expérience et les lectures étaient corrigées pour la réduction à 0° (⁴). On a admis, d'après les expériences de Ramsay et Young (⁵) qu'au voisinage de la pression atmosphérique, la température d'ébullition du brome varie de 1° pour 25^{mm} de mercure.

Pendant la distillation, la température était lue de minute en minute. Elle était d'abord ascendante, puis elle se fixait; elle augmentait un peu à la fin de l'opération, quand il ne restait presque plus de brome.

Nous avons produit dans certaines expériences une ébullition modérée, dans d'autres

(¹) Séance du 28 janvier 1924.

(²) « Le point d'ébullition du brome a donné lieu à un assez grand nombre de déterminations qui ont conduit à deux séries de nombres venant se grouper les uns autour de 63°, les autres autour de 59°. » (Moissan, *Traité de Chimie minérale*, t. 1, p. 133.)

(³) On s'est servi de la Table publiée par M. Guillaume, d'après les expériences de Chappuis. — Guillaume, *Traité pratique de la thermométrie de précision*, p. 332.

(⁴) On s'est servi de la Table publiée par M. Guillaume, d'après Broch. — Guillaume, *loc. cit.*, p. 323.

(⁵) Ramsay et Young, *Journal of the Chemical Society. Transactions*, vol. 49, 1886, p. 453.

une ébullition rapide, pour modifier les conditions de la détermination. La durée de la distillation a varié de 15 minutes à 2 heures et celle du palier thermométrique de quelques minutes à 1 heure et demie.

Origine et pureté du brome. — Le brome, à partir duquel nos expériences ont été faites, provenait des marais salants de la Méditerranée. D'après les renseignements qui nous ont été donnés, il avait été purifié par digestion sur un bromure alcalin et distillation. Nous avons reconnu, par la méthode de Scott [1], qu'il était exempt d'iode; il contenait par contre une petite quantité de bromures organiques.

Il fut distillé tel quel dans les premières expériences; dans les dernières il subit, avant la distillation, une purification complète.

Résultats des expériences. — Nous désignerons par Éb. la température d'ébullition sous la pression atmosphérique normale.

Le brome a été distillé tel quel dans les expériences 1, 2 et 3.

Expérience 1. — Ébullition assez rapide : Éb. = 58°,84.

Expérience 2. — Ébullition modérée : Éb. = 58°,82.

Expérience 3. — Ébullition modérée : Éb. = 58°,82.

Expérience 4. — Le brome a été mis en contact pendant 70 heures avec de l'anhydride phosphorique avant d'être distillé. Ébullition modérée : Éb. = 58°,80.

Expérience 5. — Le brome a été mis en contact pendant 60 heures avec du bromure de potassium avant d'être distillé. Ébullition modérée : Éb. = 58°,80.

Expérience 6. — On employa le brome recueilli dans la détermination précédente; avant d'être distillé, il fut mis au contact d'an hydride phosphorique. Ébullition rapide : Éb. = 58°,83.

Expérience 7. — Le brome employé dans cette détermination subit d'abord une purification complète. Dans ce but, après l'avoir distillé sur du bromure de potassium, on le traita par la soude pure. La liqueur fut évaporée et le bromate décomposé par la chaleur. Le bromure fut fondu avec du bichromate de potassium et la masse concassée fut chauffée légèrement avec de l'acide sulfurique étendu dans un appareil distillatoire en pyrex. Selon les indications de Scott [1], on n'employa que les $\frac{9}{10}$ environ du bichromate et de l'acide nécessaires, de façon à retenir le chlore s'il en restait. Le brome obtenu fut mis à digérer sur de l'anhydride phosphorique. Ébullition modérée : Éb. = 58°,78.

Expérience 8. — Brome purifié comme précédemment, avec cette seule différence qu'on ajouta à l'acide sulfurique un peu de permanganate de potassium. Ébullition modérée : Éb. = 58°,77.

---

(1) Scott, *Journal of the Chemical Society, Transactions*, vol. 103, 1913, p. 847.

Expérience 9. — Brome recueilli dans l'expérience précédente. Ébullition très rapide : Eb. = 58°,83.

Plusieurs déterminations furent faites avec le réservoir du thermomètre plongé dans le brome liquide; la température lue et corrigée fut supérieure de quelques dixièmes de degré à 58°,80; elle se fixa à 58°,80 environ quand, par suite du départ du brome, le réservoir du thermomètre fut tout entier dans la vapeur.

Conclusion. — Nous avons trouvé pour température d'ébullition du brome 58°,80 sous la pression atmosphérique normale et dans l'échelle du thermomètre à hydrogène; les erreurs d'expérience nous paraissent inférieures à 0°,1.

Le résultat de nos déterminations concorde avec le nombre qui a été adopté par Ramsay et Young (¹), savoir 58°,75.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la cinétique de l'oxydation spontanée de l'acide urique en liqueur alcaline.* Note de M. **Léon Piaux**, présentée par M. Ch. Moureu.

L'oxydation spontanée de l'acide urique en liqueur alcaline a fait déjà l'objet de nombreuses recherches, parmi lesquelles je me bornerai à signaler celles de Biltz et Robl (²), qui paraissent avoir élucidé complètement la constitution des corps obtenus et le mécanisme de leur formation.

En revanche, l'étude de la vitesse avec laquelle l'oxydation se produit et la mesure du volume d'oxygène utilisé ont été laissées de côté. C'est de ce point de vue qu'il m'a paru nécessaire de reprendre les recherches avec quelque précision.

Le dispositif expérimental utilisé est des plus simples : une fiole conique, contenant le liquide en expérience et placée sur un berceau d'agitation, est reliée à un gazomètre gradué plein d'oxygène pur. La température est celle du laboratoire, la vitesse d'agitation, deux tours de volant par seconde. La fiole contient 15g,12 — 0mol,09 — d'acide dans 400cm³ de liquide (*ces quantités ont été employées constamment*). *Avec 5 molécules de potasse par molécule d'acide urique*, on observe une absorption très rapide de l'oxygène. A 17°, 200cm³ de ce gaz sont utilisés dans le premier quart d'heure, puis la réaction se ralentit peu à peu. Après 5 heures, avec 1600cm³ d'oxygène absorbé, un essai ne donne plus de précipité d'acide urique par HCl. Après 10 heures, 1750cm³

(¹) Ramsay et Young, *loc. cit.*

(²) Biltz et Robl, *Berichte d. deut. Chem. Ges.*, t. 53, 1920, p. 1950 et suiv.

de gaz ont été utilisés et l'absorption est pratiquement terminée. Une courbe (*fig.* 1), reproduite ci-dessous, montrera mieux l'allure du phénomène. Les volumes indiqués ici et portés en ordonnées sur la figure sont ramenés à 0°, 760^{mm}, oxygène sec.

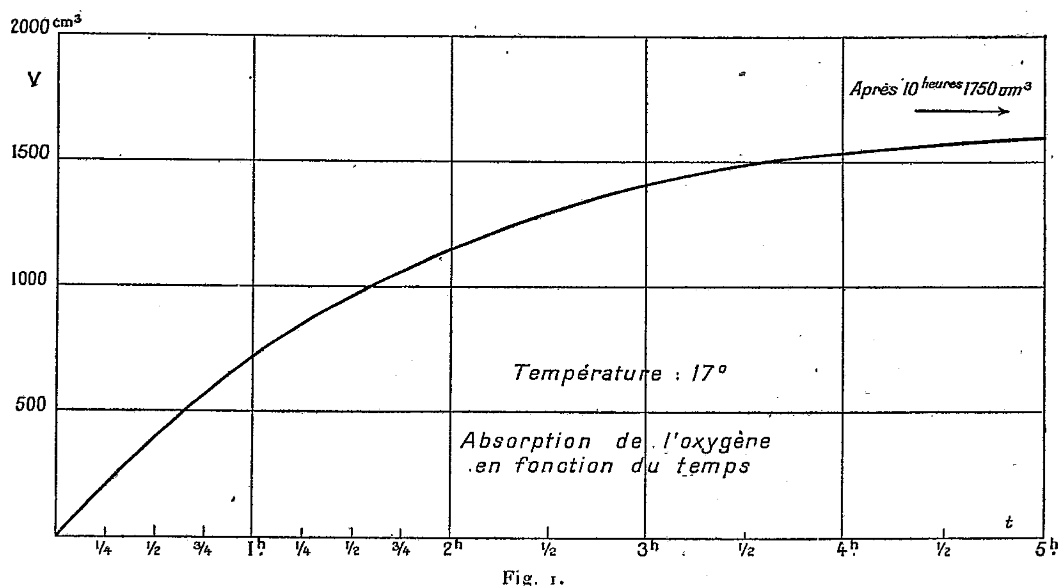
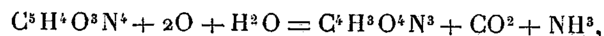


Fig. 1.

Il s'est libéré une quantité importante d'*ammoniaque*, dont l'odeur du liquide indique la présence. Par addition d'acide acétique, il se dégage abondamment du *gaz carbonique*. Enfin un peu d'alcool ajouté au liquide, maintenant acide, donne lieu à une précipitation de fines aiguilles que l'on essore. Le produit obtenu est un sel de potassium que j'ai réussi à identifier avec l'oxonate de potassium (ou allantoxanate) déjà signalé par de nombreux auteurs et longuement étudié par Biltz (*loc. cit.*). Le dosage du potassium correspond bien à la formule $C^4H^2O^4N^3K$. Par transformation en sel d'argent et dosage d'argent, puis en acide oxonique et allantoxaïdine, dont l'azote a été dosé, ce premier résultat se trouve confirmé. Le point de décomposition instantanée au bloc Maquenne de l'acide oxonique et aussi de l'allantoxaïdine (qui en diffère par perte de CO^2) a été trouvé égal à 293°.

Le rendement en oxonate, dans l'expérience décrite, était de 50 pour 100 environ du rendement théorique selon l'équation :



$$C^5H^4O^3N^4 + 2O + H^2O = C^4H^3O^4N^3 + CO^2 + NH^3,$$

qui paraît représenter la réaction principale. La teneur du liquide en ammoniaque répond à peu près au rendement en oxonate.

La quantité d'oxygène absorbé est seulement de $1^{at},7$, par molécule d'acide urique, au lieu de 2 demandés par l'équation ci-dessus. Aussi ai-je recherché dans le liquide les produits d'une oxydation moins avancée, et en particulier l'allantoïne. Je n'ai réussi à isoler aucun produit défini, et n'ai pu caractériser que l'acide oxalique dans les eaux mères de l'oxonate.

En restant dans les limites imposées par la technique elle-même, j'ai pu constater que l'élévation de la température — à concentration constante en potasse : 5 molécules pour une d'acide — augmentait la rapidité d'absorbtion de l'oxygène. J'ai représenté ci-dessous (*fig.* 2) les courbes

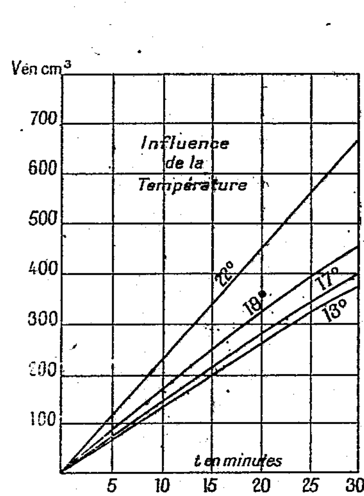


Fig. 2.

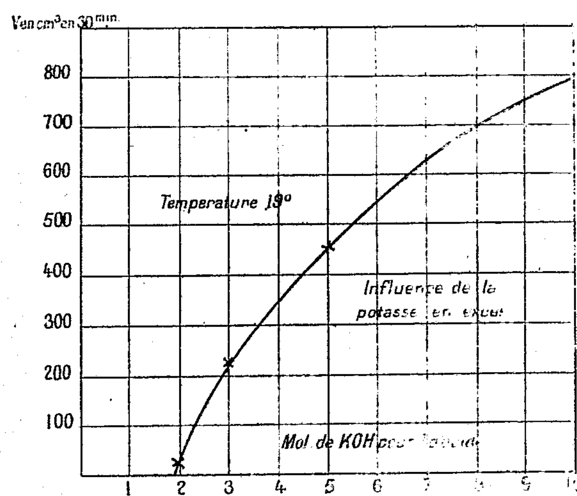


Fig. 3.

d'oxydation à 13°-17°-19°-22°, limitées à la première demi-heure pour assurer la constance de température dans chaque cas. En prenant pour unité le volume absorbé à 13° après 30 minutes, on a : à 17°, 1,06 ; à 19°, 1,20 ; à 20°, 1,73. L'influence de l'élévation de température croît donc très rapidement.

Cette influence a été signalée déjà, par Nencki et Sieber (¹) en particulier. Toutefois la durée des expériences : 5 jours au minimum, 6 mois au maximum, effectuées jusqu'ici, avait empêché toute comparaison précise.

Si maintenant, la proportion de potasse varie, la température restant constante (19° dans les expériences effectuées), on constate les faits suivants : l'urate monopotassique (1^{mol} de potasse) ne s'oxyde pas du

(¹) Nencki et Sieber, *Journal für prakt. Ch.*, 2e série, t. 24, 1881, p. 50[illegible]

tout; additionné d'une molécule de potasse (soit 2 par molécule d'acide), il y a oxydation très lente (35$^{cm^3}$ d'oxygène en une demi-heure). Après 35 heures, 500$^{cm^3}$ de gaz seulement sont consommés, et l'on peut récupérer les deux tiers du produit mis en jeu.

Au contraire, dès que l'urate monopotassique est additionné de deux molécules de potasse (au total 3 pour une d'acide), l'oxydation s'accélère beaucoup; en 30 minutes l'absorption atteint 230$^{cm^3}$. Elle est de 450$^{cm^3}$ pour 5 molécules de potasse pour une d'acide, et s'élève à 810$^{cm^3}$ quand le rapport est de 10 à 1, les résultats font l'objet de la figure 3.

L'absence de l'allantoïne dans les produits d'oxydation m'a amené à tenter l'oxydation par l'air :

1° De l'allantoate de potassium en solution alcaline;

2° D'une solution alcaline d'acide urique ayant déjà subi l'action de 1 atome d'oxygène par molécule — sous forme de permanganate de potassium. Cette solution, selon Behrend et Biltz, renferme un corps intermédiaire dédoublable en uroxanate ou allantoïne et oxydable en oxonate.

Ni l'une ni l'autre de ces solutions n'ont absorbé d'oxygène.

GÉOLOGIE. — *Sur le caractère géosynclinal du Paléozoïque de la Transcaucasie méridionale.* Note de M. **Pierre Bonnet**, présentée par M. Émile Haug.

Ainsi que je l'ai déjà fait remarquer, on ne connaissait du Paléozoïque transcaucasien, avant mes recherches, que le Dévonien moyen et supérieur et le Carbonifère inférieur et moyen dans les chaînes du moyen Araxe, et le Permien dans la gorge de Djoulfa. J'ai découvert dans la première région le Silurien supérieur, le Dévonien inférieur, le Carbonifère supérieur et le Permien complet, avec couches à *Otoceras* formant passage au Trias, et dans la seconde le Carbonifère complet ([1]); j'ai en outre constaté partout la continuité parfaite et la concordance absolue de tous ces termes entre eux et avec le Trias inférieur qui les surmonte.

La série, très riche en fossiles, très plissée, et atteignant plusieurs cen-

---

([1]) Il est certain que ce Carbonifère repose à Djoulfa sur un soubassement dévonien qui ne peut affleurer que sur la rive persane (droite) de la gorge, d'où Abich a signalé quelques *Spirifer* (*Sp. Verneuili*). Il est probable que ce Dévonien présente ses trois termes comme dans l'Araxe moyen, avec vraisemblablement du Silurien à sa base.

taines de mètres d'épaisseur, peut être schématisée actuellement de la façon suivante :

Trias.			
Permien	3.	Calcaires marneux à *Otoceras* inférieurs (*O. djoulfense*);	
	2.	»	*Reticularia*, *Spirigera* et *Productus*;
	1.	»	Zoanthaires et Bryozoaires;
Carbonifère	3. *b*.	Calcaires à	*Productus intermedius*;
	a.	»	Fusulines (*F. Verneuili*);
	2.	»	Fusulinelles (*F. sphærica*) et Bellérophons;
	1. *b*.	»	*Productus semireticulatus*;
	a.	»	Zoanthaires (*Lonsdaleia Araxis*);
Dévonien	3.	»	*Spirifer Verneuili*;
	2. *b*.	»	*Atrypa reticularis*;
	a.	»	*Calceola sandalina* et autres Zoanthaires localement en récifs;
	1.	Quartzites à *Chondrites*, localement *Knorria acicularis*;	
Silurien supérieur		Schistes à Lamellibranches (*Modiolopsis complanata*) et Orthocères.	

L'examen de la succession de ces faunes montre d'importantes variations de faciès, dues à une instabilité particulière du fond; mais cette instabilité elle-même est soumise à une remarquable périodicité dans son évolution. A chacune des trois époques dévonienne, carbonifère et permienne se manifeste en effet à tour de rôle un même mouvement d'approfondissement des eaux : chacune débute par des formations presque littorales pour se terminer par des couches de profondeur notable, d'où les éléments franchement néritiques tendent à disparaître. Il se produit donc régulièrement, à la limite de chaque période, une fluctuation régressive immédiatement suivie d'un approfondissement.

De plus, comparées entre elles, ces fluctuations deviennent progressivement moins sensibles (formations détritiques à pistes et plantes d'abord, calcaires en bancs avec gros Polypiers ensuite, calcaires marneux à Zoanthaires de petite taille et Bryozoaires enfin), les conditions bathymétriques plus uniformes, les liens paléontologiques plus intimes, et par suite les coupures plus difficiles à préciser entre les systèmes.

D'autre part, une progression analogue s'observe dans le processus d'approfondissement dont chaque stade fait suite à chacune de ces fluctuations inverses : alors que la fin du Silurien est caractérisée par des couches à Lamellibranches, le Dévonien supérieur est formé de calcaires à *Spirifer*,

avec quelques rares Trilobites, à la fin du Carbonifère on assiste au dépôt des calcaires à Bellérophons, puis des calcaires à Fusulines, généralement caractéristiques des dépôts carbonifères relativement profonds; et enfin, durant le Permien, on voit apparaître les premiers Ammonoïdés, en particulier *Otoceras*, forme rencontrée jusqu'ici, en dehors de cette région, exclusivement dans les formations bathyales de l'Himalaya.

L'ensemble de cette série paléozoïque montre donc un approfondissement graduel de la mer en trois stades successifs; nous sommes amenés, par suite, à envisager cette région comme représentant à cette époque un point faible de l'écorce terrestre, point dont le caractère essentiellement instable tend à entraîner la transformation progressive des dépôts néritiques du début en dépôts bathyaux, et prépare ainsi le régime franchement géosynclinal qui se réalisera ici au Mésozoïque.

Cette tendance à l'approfondissement, les oscillations périodiques du fond, l'apparition d'éléments fauniques bathyaux lors des approfondissements, la remarquable continuité des dépôts se poursuivant sans aucune lacune sédimentaire depuis le Silurien jusqu'au Trias inclus, enfin l'accumulation de grandes épaisseurs de sédiments très plissés, portés à plus de 3000^{m} d'altitude, tous ces caractères nous permettent de considérer cette partie de la Transcaucasie comme l'un des rares géosynclinaux paléozoïques typiques.

Mais parmi ceux-ci, ce géosynclinal se distingue par son caractère particulier. Si en effet chacun de ses différents termes présente individuellement des affinités remarquables avec tel type paléozoïque des géosynclinaux déjà connus, si le Silurien est très voisin de celui du Shropshire, le Dévonien de celui de l'Ardenne, si le Carbonifère se rapproche de celui de l'Oural et le Permien de celui de l'Inde, l'ensemble, par contre, est tel qu'on ne le connaît nulle part réalisé de façon semblable. L'examen comparé des géosynclinaux de l'ère paléozoïque montre que seul celui de l'Himalaya pourrait lui être en quelque mesure assimilé, en raison de la continuité de ses dépôts du Permien au Trias et de l'existence probable de tous les termes paléozoïques depuis le Silurien; mais l'insuffisance des données que nous possédons jusqu'ici sur son ensemble ne nous permet pas actuellement d'insister sur cette comparaison. Partout ailleurs on constate ou bien le comblement de ces géosynclinaux, avec dépôts de houille, suivi de plissements hercyniens et d'émersion définitive, ou bien des lacunes avec discordances répétées, ou enfin un métamorphisme envahissant parfois toute la série qui, dès lors, échappe à notre investigation stratigraphique.

Il apparaît ainsi *que ce géosynclinal paléozoïque transcaucasien réalise le seul type, jusqu'à présent connu de cette série, ayant été le siège d'une sédimentation marine continue et concordante depuis le Silurien jusqu'au Trias, avec le Dévonien, le Carbonifère et le Permien complets représentés par tous leurs termes fossilifères sans aucune lacune; que ce géosynclinal ne contient pas trace de dépôts houillers durant tout l'Anthracolithique; qu'il n'a été le théâtre d'aucun métamorphisme, qu'il a été épargné par les plissements calédoniens et hercyniens; qu'enfin il a même subi un approfondissement graduel reliant intimement les dépôts paléozoïques aux dépôts triasiques bathyaux, avec lesquels ils sont entraînés pour la première fois dans un mouvement orogénique seulement lors de la surrection de la chaîne tithonique.*

PALÉONTOLOGIE. — *Contributions à l'étude du genre* Arcestes *Suess; ses représentants dans le Trias de la Bithynie (Asie Mineure).* Note de M. N. **Arabu**, présentée par M. Émile Haug.

Ce genre est d'habitude très abondant, au point de constituer la majorité des récoltes, dans les couches ladiniennes et carniennes du Trias du type alpin. La détermination de ces récoltes est difficile, car il faut compter avec une forte proportion de jeunes individus; ce fait, qui tient à la vie sédentaire, joint au changement de forme considérable parfois, au cours du développement, à l'apparition tardive des caractères de l'adulte, complique leur étude déjà peu commode par suite d'une large variabilité spécifique. De là la rareté relative des *Arcestes* dans les collections et leur détermination assez arbitraire, même de la part des meilleurs auteurs.

Les *Arcestes* sont particulièrement nombreux, quoiqu'en général mal conservés, dans le Trias de la Bithynie, dont j'ai donné il y a quelque temps (¹) une liste de fossiles, en laissant toutefois de côté le genre en question. Cette faune a été étudiée depuis par Arthaber (²), qui fait connaître 8 espèces et en figure 5. En reprenant l'étude de la question, je puis ajouter en ce moment 5 espèces non encore citées, dont 2 nouvelles : *Proarcestes ausseanus* Mojs., *P. Reyer*, Mojs., *P. trompianus* Mojs., à côté de *P. Balfour* et d'autres formes mentionnées par Arthaber. Les espèces nouvelles appartiennent, l'une au groupe de *P. Mojsisovicsi* Hauer, l'autre figurée encore par Arthaber sous le nom d'*Arcestes* cf. *Richthofeni* Mojs., est un jeune plus voisin en apparence de *A. oligosarcus* Mojs. (groupe des *intuslabiati*), mais qui me paraît

(¹) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1459.
(²) *Die Trias von Bithynien* (*Beiträge zur Palaeontologie*, etc., vol. 27, Wien, 1915).

être une espèce nouvelle; elle est très voisine d'une forme du Carnien de l'Himalaya, déterminée. à tort encore, par Diener comme *Pr. Gaytani* Klipstein sp.

Cette étude m'ayant donné l'occasion de revoir la plus grande partie de la bibliographie respective, je voudrais dire, en peu de mots, comment je comprends la question dans son ensemble.

Le genre *Arcestes* a été étudié à plusieurs reprises par Mojsisovics; cet auteur proposait, dès 1873, de répartir entre 7 groupes (*extralabiati*, *sublabiati*, *bicarinati*, *subumbilicati*, *intuslabiati*, *coloni*, *galeati*) le nombre d'espèces déjà décrites jusqu'alors; ce nombre est porté ensuite à 8 (avec le groupe de *Pr. Bramantei*), puis à 9 (groupe des *carinati*). En 1902 il remanie cette classification et admet 4 sous-genres : *Proarcestes*, *Pararcestes*, *Stenarcestes* et *Arcestes* s. str. (en laissant de côté *Ptycharcestes*, connu par un échantillon unique); sauf pour *Arcestes* s. str., il ne parle plus des groupes antérieurement proposés.

C'était une simplification, mais non pas un progrès; la question n'en a plus fait d'ailleurs depuis; le genre *Proarcestes* constitue visiblement un ensemble très hétérogène et ses relations avec les autres sous-genres deviennent, par la suppression des anciennes subdivisions, tout aussi obscures que l'origine même du genre.

Quelles peuvent être ces relations?

J'ai essayé à ce point de vue, tout en ne négligeant pas l'ensemble des autres caractères, de m'aider d'une manière plus suivie du dessin de la cloison, qui est d'habitude un peu négligée. Je suppose, ce qui du reste est assez plausible, que ce caractère doit être moins directement influencé que la forme extérieure par exemple, au cours de l'évolution, par les conditions immédiates du milieu.

Or, à ce point de vue, le groupe des *bicarinati*, par exemple, est un complexe; il y a ici, à côté de *P. bicarinatus*, *P. ausseanus*, etc., d'autres qui en sont très différents, comme *P. Gaytani-Dittmari*, où l'élargissement des flancs de la coquille amène mécaniquement, pourrait-on dire, une multiplication des éléments de la cloison; ce caractère se remarque, encore plus accentué, dans les anciens *subumbilicati*, dont la cloison est remarquable par l'étroitesse des lobes, pénétrant profondément entre des selles larges, en ogive; par contre, la selle siphonale est rudimentaire, comme dans les vrais *Arcestes*, qui ont une autre origine.

De même, parmi les anciens *extralabiati*, considérés par Mojsisovics comme constituant une chaîne continue depuis *P. extralabiatus* (Virglorien) jusqu'au *P. Mojsisovicsi* (Carnien), on peut distinguer d'abord deux

rameaux : l'un qui s'arrête au Ladinien avec *P. subtridentinus*, caractérisé par une cloison très évoluée, faite d'éléments hauts et étroits, avec une selle siphonale très différenciée; l'autre, qui semble le relayer, avec *P. Barrandei*, *P. Mojsisovicsi*. Ce sont de petites formes, différentes par leur cloison à selles larges et trapues, grossièrement découpées, disposition qui se remarque aussi chez les *sublabiati* (*Pararcestes*) qui en dérivent. Un dernier rameau très voisin semble débuter encore au Ladinien avec *P. esinensis* Mojs., groupe moyen par sa cloison faite de selles assez hautes et découpées à contour plus ou moins triangulaire; c'est le véritable groupe central du genre, qui a pu donner, par atrophie de la selle siphonale, compensée par la riche ramification des autres éléments, les *coloni* et plus tard les *intuslabiati*. Du même groupe paraissent être sortis les grands *Arcestes* « à casque » et à forte carène du Norien, caractérisés par réduction simultanée de la selle siphonale et de la partie auxiliaire de la cloison.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le quotient respiratoire de la racine et ses variations au cours du développement de la plante.* Note [1] de M. **Raoul Cerighelli**, présentée par M. L. Maquenne.

Dans un Mémoire étendu [2] j'ai déjà déterminé la valeur du quotient respiratoire de la racine isolée de la plante (les racines adhérentes donnent lieu, comme je l'ai fait voir, à des échanges gazeux très différents), et je suis arrivé à cette conclusion que le rapport $\frac{CO^2}{O}$ est dans ce cas voisin de l'unité, tout en lui restant généralement inférieur. Ces recherches ayant été faites par la méthode de l'air confiné qui, comme l'ont établi MM. Maquenne et Demoussy, donne des résultats un peu trop faibles, il m'a semblé intéressant de reprendre ce travail d'une autre manière pour en vérifier les conclusions.

J'ai alors employé la méthode manométrique décrite par ces auteurs, qui consiste à observer les changements de pression qui résultent de la respiration des organes en milieu confiné [3]; toutes les expériences ont été faites

---

(1) Séance du 4 février 1924.

(2) *Recherches physiologiques sur la respiration de la racine* (Thèse). (*Ann. Fac. Sc. de Marseille*, 2e série, t. 1, p. 1921).

(3) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1209, et *Nouvelles recherches sur les échanges gazeux des feuilles vertes avec l'atmosphère*, Gauthier-Villars, Paris, 1913, p. 35.

avec des densités de chargement voisines de $\frac{1}{100}$, valeur que MM. Maquenne et Demoussy ont reconnue la plus convenable pour les feuilles. Toute augmentation de pression indique alors un quotient respiratoire supérieur à l'unité; toute diminution, au contraire, un quotient respiratoire plus petit que 1.

Une cause d'erreur pouvant provenir de ce que la température d'expérience est généralement supérieure à celle qu'avait la racine dans le sol, je me suis assuré que, entre 10° et 25°, les variations de température n'ont pas d'influence sensible sur la valeur du rapport $\frac{CO^2}{O}$ cherché.

Les expériences ont porté sur les espèces suivantes : Blé, Hélianthe annuel, Lupin blanc, Maïs, Pois gris, Radis, Sarrasin, Rhubarbe, Pivoine, Plantain (*Plantago major*), Oseille, Menthe, Iris (var. *germanica*), Dahlia, Chicorée améliorée, Carotte, examinées aux différentes phases de leur développement. Je ne rapporterai ici que les résultats obtenus avec l'Hélianthe annuel et l'Iris.

On a opéré uniformément avec 1g de racines; les variations de pression sont évaluées en millimètres d'eau.

Hélianthe annuel (semé le 13 mars 1923).

I. — 11 avril. Cotylédons encore bien verts; 12 racines, T = 24°.

Durée des expériences.	début	30m	1h	2h30	3h30	4h30	5h30
Variation de pression.	0	0	−0,5	−2	−3,5	−4,5	−5,5

II. — 5 juin. Plante de 40cm. Portion de pivot avec radicelles, T = 13°.

Durée des expériences.	début	1h	3h	5h30
Variation de pression.	0	0	0	+0,5

III. — 31 août. Plante avec fleurs et fruits. Portion de pivot avec radicelles, T = 16°.

Durée des expériences.	début	40m	2h50	4h10	5h25
Variation de pression.	0	−1	−12	−15	−20

Iris.

I. — 7 mai. Racines latérales à tissus jeunes, T = 24°.

Durée des expériences.	début	30m	4h	23h
Variation de pression.	0	0	0	−10

II. — 9 mai. Racines latérales à tissus âgés, T = 24°.

Durée des expériences.	début	1h15	3h15	3h45	23h
Variation de pression.	0	+1	+3	+4	+15

III. — 15 juin. Plante en fleurs; racines latérales à tissus jeunes, T = 15°.

Durée des expériences.	début	1h	3h	4h	5h	6h	7h
Variation de pression.	0	0	+1	+1,5	+2	+2,5	2,5

IV. — 3 octobre. Tiges florales desséchées; racines latérales à tissus jeunes, T = 14°,5.

Durée des expériences.	début	1h	3h30
Variation de pression.	0	—1	—1

V. — 14 décembre. Racine latérale de l'année, T = 13°,5.

Durée des expériences.	début	2h30	5h30	22h
Variation de pression.	0	+1	+1,5	+7

A la suite de ces expériences et de celles qui ont porté sur les autres espèces énumérées plus haut je puis formuler les conclusions suivantes :

1° Le quotient respiratoire de la racine est toujours inférieur à l'unité au début de son développement.

2° Chez les racines de plantes annuelles pauvres en réserves, comme l'Hélianthe, le Blé, le Maïs, le Sarrasin, le quotient respiratoire reste légèrement inférieur à l'unité pendant toute la période de croissance.

Dans ces deux cas c'est l'inverse de ce qui s'observe chez les feuilles.

3° Comme je l'avais déjà établi, la valeur du rapport $\frac{CO^2}{O}$ s'abaisse souvent au moment de la floraison et de la fructification, ou bien un certain temps après ces deux stades.

C'est le même phénomène que MM. Maquenne et Demoussy avaient observé antérieurement avec les feuilles, et il est dû à la même cause, à savoir l'épuisement des matières de réserve que la plante utilise à la formation de ses fruits.

4° Chez les racines de plantes annuelles qui accumulent des réserves, comme le radis ou le lupin, et chez la plupart des racines de plantes vivaces (Iris, Mâche, Rhubarbe), prises en dehors de la période du début de leur développement, le quotient respiratoire est plus grand que 1.

Ainsi s'étend aux racines ce principe posé par MM. Maquenne et Demoussy à la suite de leurs recherches sur la respiration des feuilles que la valeur du quotient respiratoire est sous la dépendance étroite de l'abondance et du mouvement des réserves dans l'organe étudié.

GÉNÉTIQUE. — *Quelques remarques sur la couleur des sépales chez l'*Anemone hepatica *L.* Note (¹) de M. **D. Rosén**.

L'*Anemone hepatica* L. présente un aspect très varié en ce qui concerne la feuille et la fleur. Afin de découvrir le processus de la formation des sujets de cette espèce, je me suis, depuis plusieurs années, consacré à des recherches expérimentales dans cette direction. Par suite du lent développement de cette plante (la floraison n'a lieu en Suède qu'à la troisième ou à la quatrième année), ces recherches sont loin d'être terminées. Je n'exposerai ci-dessous que quelques remarques directrices sur les colorations rouges et bleues des sépales (les pétales avortent complètement).

A part le sujet bleu ordinaire, on voit souvent dans les jardins les sujets, plus rares, à l'état sauvage, à fleurs blanches et rouges. J'ai entrepris des croisements avec ces trois sujets. Une de mes premières expériences de croisement a été faite entre un sujet blanc et un sujet rouge. Ce croisement a donné les résultats suivants :

Blanc ♀ × Rouge ♂,
F_1, un exemplaire bleu.

Dans F_2, en tout 80 exemplaires, la ségrégation suivante a été obtenue :

	Obtenus.	Théoriquement d'après : 9 : 3 : 4.
Bleus	48	$45 \pm 4,4$
Rouges	17	$15 \pm 3,5$
Blancs	15	$30 \pm 3,9$

Les résultats obtenus montrent que la coloration bleue est causée par deux facteurs (au moins) dont l'un, A, a la faculté de produire la coloration rouge et l'autre, B, de transformer la coloration rouge en bleue. C'est par l'absence des deux ou par la présence du dernier seulement que les sujets alba s'obtiennent.

Chez l'*Anemone hepatica* la formation des fleurs est déjà très avancée en automne. Afin de découvrir si, chez le sujet à fleurs bleues, la coloration s'opère immédiatement ou si elle est devancée par la coloration rouge, j'ai examiné les boutons d'un certain nombre de ces sujets pendant le mois de

(¹) Séance du 4 février 1924.

novembre. Chez 18 individus les sépales des boutons étaient légèrement rouges; chez 2 individus, l'intérieur était rouge (jeunes sujets), l'extérieur bleu (sujets plus âgés). Chez tous les sujets la coloration bleue des fleurs complètement développées a donc été devancée par la coloration rouge du stade en bouton. On peut croire que ce phénomène dépend soit de conditions extérieures, soit de conditions intérieures, soit encore de la coopération de deux de ces conditions. Dans le premier cas on peut présumer que la basse température ou la faible lumière retarde la transformation de la couleur rouge en bleue. Au contraire, si cette circonstance dépend de conditions intérieures, elle dépendrait alors de la coopération chimique des facteurs. Ou le facteur B ne peut entrer en réaction avant un stade plus tardif que le facteur A, ou la puissance de réaction du facteur B n'est pas aussi forte que celle du facteur A; ce qui fait que, si le facteur A est à même, dans un temps donné, de former 10^{mol} de substance colorante rouge, le facteur B ne peut dans le même temps que transmettre 1^{mol} de substance colorante rouge à la substance bleue. Dans tous ces cas, la couleur bleue des fleurs développées sera devancée par la coloration rouge du stade en bouton.

En liaison avec d'autres recherches sur la coloration du sépale de l'*Anemone hepatica*, je vais m'efforcer de découvrir les conditions productrices de ce phénomène.

En résumé les recherches expérimentales démontrent que la cause de la coloration bleue des sépales chez l'*Anemone hepatica* réside dans deux facteurs (au moins) dont l'un forme la coloration rouge, alors que l'autre possède la propriété de transformer la coloration rouge en bleu. Dans le stade en bouton des individus à sépales bleus, la coloration bleue est devancée par la rouge.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *L'éclairage des lampes à vide par friction.* Note (¹) de MM. **Henry Cardot** et **Henri Laugier**, présentée par M. Charles Richet.

Nous avons pu soumettre à la critique scientifique un phénomène auquel certaines personnes ont pensé à attribuer des causes mystérieuses ne ren-

(¹) Séance du 4 février 1924.

trant pas dans les catégories scientifiques connues ([1]). Ce phénomène est le suivant :

1° Dans l'obscurité complète, le sujet, M. B..., prend une ampoule électrique (dont le filament est brisé) et, la frictionnant avec les mains, obtient des lueurs d'abord assez irrégulières, puis de plus en plus fortes, le verre restant parfois luminescent dans l'intervalle de deux mouvements de friction. Une lampe ayant été ainsi frottée pendant quelques minutes, le sujet la saisit dans la main droite et en obtient sans la frotter, soit des illuminations intermittentes, soit une illumination durable dont l'intensité reste constante pendant 2 ou 3 secondes.

2° M. B... peut non seulement illuminer des lampes comme nous venons de l'indiquer, mais il peut encore les illuminer à distance. Une des lampes qu'il utilise donne ce phénomène de façon particulièrement nette, quand elle a été préparée, c'est-à-dire frictionnée pendant quelques minutes. M. B... la dépose alors sur une table, se retire à 1^m ou 2^m, parfois plus, annonce qu'il va provoquer des illuminations; à cet effet, il fait effort, « concentre sa pensée », sollicite la lampe par des gestes; et de fait, on aperçoit de façon non douteuse quelques éclats indubitables à intervalles irréguliers. Les mêmes phénomènes peuvent se produire si la lampe est placée dans une armoire vitrée ou une cage métallique. Ils peuvent aussi se produire quand le sujet, qui s'efforce de les provoquer, est placé dans une autre pièce que la lampe, ou même à un autre étage.

Inutile d'insister longuement pour montrer combien ces faits sont dès l'abord saisissants : quand M. B., ayant placé l'ampoule sur une table, se retire dans une pièce voisine, annonce qu'il va solliciter la lampe de s'illuminer et qu'on aperçoit en effet un, deux ou plusieurs battements lumineux dans des conditions où toute possibilité de fraude paraît écartée, l'impression des assistants est fort vive et compréhensible.

Tels sont les faits; tout observateur les peut constater sans la moindre ambiguïté possible. Les phénomènes sont parfois très nets, mais on ne les obtient pas à tout coup: certains jours, ils sont impossibles à produire; d'autres jours, ils se produisent avec la plus grande facilité; et ce, pour des raisons qui nous paraissent explicables simplement par l'influence que les conditions atmosphériques et les divers états psychologiques peuvent exercer sur l'état de sécheresse ou d'humidité de la main.

Une étude méthodique de ces phénomènes les dépouille rapidement de tout mystère.

Chacun peut reproduire plus ou moins facilement les illuminations par friction; certains individus à peau très sèche comme M. B. les obtiennent particulièrement brillantes: d'autres à peau humide ne les réalisent qu'avec difficulté, et suivant l'état de leur peau qui varie avec les conditions hygrométriques, avec l'heure de la journée,

---

([1]) Certains des faits que nous allons signaler ne sont pas entièrement inconnus; on en trouve d'analogues dans les *Nouvelles récréations physiques et mathématiques* de M. Guyot, t. 1, 1799, et plus récemment dans *La Nature*.

avec l'état physiologique ou psychologique. On facilite considérablement les choses en se gantant la main de caoutchouc : tout le monde produit alors infailliblement des illuminations splendides. Certaines lampes donnent le phénomène de façon particulièrement intense (lampes à azote ou à argon); on a alors des illuminations permettant de lire les grosses lettres d'un titre de journal, par exemple. Tout tube à vide donne le même phénomène plus ou moins facilement suivant le degré de vide, l'épaisseur de la paroi. Les lueurs sont de couleur bleutée dans les ampoules à azote ou à argon, de couleur rose lorsque le contenu est du néon.

L'explication du phénomène est fort simple. L'ampoule se comporte comme un condensateur, que chaque friction charge. Il est facile de s'en rendre compte en reliant le filament intérieur de la lampe à un galvanomètre à corde : on voit à chaque friction une excursion de la corde, qui, enregistrée, a la forme classique de la charge d'un condensateur. Et les illuminations correspondent à des décharges très brèves, à travers l'atmosphère raréfiée de la lampe, de l'électricité apparue sur la face interne de la paroi de verre. Lorsque, comme nous l'avons indiqué plus haut, la lampe chargée par friction est tenue à la main et donne une belle illumination durable ou des illuminations intermittentes, on obtient aussi des courbes analogues aux courbes de charges, mais de sens inverse, correspondant à la décharge du condensateur.

Restait à expliquer le phénomène d'illumination à distance, le plus singulier de tous. La première hypothèse que nous fîmes était que le sujet pouvait conserver sur sa surface cutanée des charges importantes et agir par elles sur la lampe elle-même chargée; mais cette hypothèse est insuffisante lorsque M. B. sollicite de la pièce voisine les illuminations ou que la lampe est placée dans une cage métallique. Ayant demandé à M. B. d'indiquer, si possible, le moment précis où les illuminations allaient apparaître, nous constatâmes qu'elles se produisaient tantôt avant, tantôt après ses appels, et nous fûmes bientôt convaincus qu'elles étaient complètement indépendantes de sa volonté, de ses appels et de ses gestes.

Il s'agit donc de petites décharges se produisant sous l'influence de causes contingentes qu'il n'y avait guère intérêt à préciser davantage (petits ébranlements du support, vibration du filament, modification de la répartition des charges, humidification ou dessiccation, etc.). M. B., repoussant absolument cette interprétation rationnelle, consentit, avec une parfaite bonne grâce, à se soumettre à l'expérience cruciale suivante. La lampe chargée étant déposée sur une table, il provoquerait à distance un nombre déterminé d'illuminations, puis les suspendrait pendant un nombre donné de minutes et les provoquerait à nouveau ensuite. L'expérience faite à deux reprises fut en effet cruciale et confirma entièrement notre hypothèse : les illumina-

tions furent complètement indépendantes de la volonté de M. B. et se poursuivirent avec la même fréquence moyenne pendant toute la durée de l'expérience, comme en témoignent des enregistrements graphiques.

Enfin nous avons pu trouver nous-même une lampe qui donne, après avoir été chargée, ce phénomène des illuminations spontanées, à vrai dire moins éclatantes et moins nombreuses que la lampe utilisée par M. B. Le phénomène étant reproduit à l'intensité près, il ne nous a pas paru utile de pousser la recherche plus avant. Mais nous avons mis en outre en évidence une curieuse modalité de ce phénomène : quand la lampe a été préalablement chargée, elle s'illumine sous l'action de rapides variations hygrométriques; ainsi, si on la place devant la bouche, elle donne à chaque expiration un battement lumineux.

Ainsi des faits qui de prime abord paraissaient étranges se réduisent en définitive à des mécanismes électriques simples.

PHYSIOLOGIE. — *Relations entre l'âge, l'apparition et l'évolution des troubles d'avitaminose* C. Note (1) de MM. **Georges Mouriquand** et **Paul Michel**, transmise par M. Widal.

Il est généralement admis que les organismes jeunes en état de croissance sont plus sensibles que les adultes en état d'équilibre, aux troubles de la nutrition de cause alimentaire.

Pourtant si l'on prend pour type le scorbut, la dernière guerre a montré (Russie, Empires centraux), que cette affection a frappé généralement en plus grand nombre les adultes que les enfants. Il est vrai qu'en état de paix, surtout dans les pays anglo-saxons, où règnent les régimes carencés, l'enfant paraît plus fréquemment atteint que l'adulte.

La clinique ne permet donc pas de dire avec exactitude si l'enfant est sûrement plus sensible que l'adulte à l'avitaminose C, les conditions alimentaires étant généralement trop différentes suivant les âges.

L'expérimentation peut heureusement fournir d'intéressants renseignements sur ce point.

On sait, depuis Smith, Holst et Frölich, Weill et Mouriquand, qu'il est possible de déterminer chez le cobaye un scorbut qui se rapproche du scorbut de l'homme par son étiologie, ses manifestations symptomatiques et son traitement. [Seule, son évolution aiguë le différencie. Mais nous avons personnellement montré qu'il est possible, par un régime adéquat,

(1) Séance du 4 février 1924.

de déterminer systématiquement chez l'animal un scorbut chronique aussi exactement comparable que possible au scorbut humain.]

La plupart des auteurs qui ont provoqué le scorbut expérimental se sont généralement aperçus que l'animal jeune est plus sensible que l'adulte. Nous avons nous-mêmes, avec M. Weill, constaté le fait depuis 1916. Mais aucune étude précise, pouvant entraîner une conviction certaine, n'a été faite, à notre connaissance, du moins, sur la question. Pour que cette étude soit valable, elle doit porter sur un nombre important d'animaux, car on observe entre les cobayes des résistances variables à l'action de l'avitaminose C. Seul, le grand nombre de sujets en expérience permet de fondre les réactions individuelles en une courbe d'ensemble de portée générale.

D'autre part, pour apprécier la plus ou moins grande précocité d'apparition des troubles ostéo-hémorragiques chez les cobayes carencés, il convient de connaître avec exactitude la séméiologie de leurs premières manifestations. Il ne faut, notamment, pas attendre la déchéance organique, l'altération de l'état général; les troubles cliniques du type paraplégique qui sont tardifs. Il existe des symptômes précoces que nous avons longuement vérifiés et dont nous avons souvent apprécié la valeur par des autopsies immédiates : Au premier rang de ces symptômes, sont la douleur vive à la pression des os, et notamment au niveau des régions juxtaépiphysaires du genou et du poignet, marquant le début de l'atteinte osseuse et la crépitation neigeuse indiquant l'apparition des suffusions sanguines.

Les conditions expérimentales étant ainsi précisées, voici le détail de nos expériences. Celles-ci ont porté sur 317 cobayes, mâles ou femelles, d'âge et de poids différents (1), tous mis au régime classique du scorbut aigu, orge et foin.

Le tableau suivant montre la date de l'apparition de la sensibilité et de la crépitation chez ces 317 sujets, mais 96 seulement d'entre eux ont vu leur scorbut évoluer spontanément jusqu'à la mort, et il ne sera tenu compte que

(1) En raison de la provenance diverse de la plupart des cobayes qui ne sont pas nés dans notre chenil, nous avons été obligés de ne pas tenir rigoureusement compte d'un âge que nous ignorions souvent, mais du poids facilement constatable. Les constatations que nous avons été à même de faire concordent pleinement avec les chiffres donnés à l'article Cobaye dans le *Dictionnaire de Physiologie*, de Richet. Un cobaye de 300g est âgé d'environ 2 mois, c'est-à-dire jeune. A 3 mois et demi, un cobaye pèse 500g, et l'on peut le considérer comme entrant dans l'âge adulte; il est, d'ailleurs, capable de reproduire à ce moment. A 18 mois, et au delà, la plupart des sujets atteignent 800g, 1000g et même plus, principalement les femelles.

de ceux-ci dans le calcul de la survie moyenne. Les autres, en effet, ont été sacrifiés à diverses dates ou guéris par une modification appropriée du régime.

	Apparition		Survie	
	de la sensibilité (jours).	de la crépitation (jours).	Nombre de sujets.	(jours).
De 200g à 300g (40 sujets)........	11,4	15,5	(22)	28
De 300g à 400g (66 »)........	12,3	15,5	(25)	28
De 400g à 500g (56 »)........	14,2	18,5	(19)	28,6
De 500g à 600g (45 »)........	16	19,7	(15)	35,5
De 600g à 700g (55 »)........	16,1	20,2	(11)	34
De 700g à 900g (40 »)........	16,9	20,4	(4)	38
Au dessus de 900g (de 900g à 1300g) (15 sujets)....................	17,8	21	néant	

Ces résultats démontrent que devant une même alimentation, déficiente (régime du scorbut aigu) les âges ne sont pas égaux ([1]). Les animaux jeunes souffrent et meurent plus précocement que les adultes de cette carence. Des faits semblables avaient été établis, par Chossat, en ce qui concerne l'inanition vraie.

On peut ajouter qu'il n'existe pas de différence notable entre les sexes au point de vue d'apparition des accidents et de la durée de la survie ([2]). Les tentatives de guérison, échouant plus souvent chez les sujets jeunes que chez les adultes indiquent d'autre part que la nutrition des premiers est plus profondément touchée par l'avitaminose C que celle des seconds.

PHYSIOLOGIE. — *Des effets de l'électrolyse sur les diastases tissulaires d'origine animale. Abondance d'acide silicique dans les cendres.* Note ([3]) de M. F. **Maignon**, présentée par M. E. Leclainche.

Nous avons montré précédemment que les diastases tissulaires extraites d'organes sains, par la méthode que Lebedeff a utilisée pour la zymase

([1]) *C. R. Soc. de Biol.*, t. 90, 1924, p. 231.

([2]) L'apparition des premières manifestations chez les cobayes, au régime du scorbut chronique (orge, 1g; foin, 30 à 120g; jus de citron stérilisé, 10$^{cm^3}$) s'est également faite de façon plus précoce chez les sujets jeunes; mais dans ce cas les différences pour nettes qu'elles soient, sont moins importantes que celles constatées chez les cobayes au régime du scorbut aigu.

([3]) Séance du 4 février 1924.

alcoolique à l'égard de la levure de bière, sont douées de propriétés thérapeutiques vis-à-vis des organes de même nom. Il existe une spécificité d'organe extrêmement nette.

Nous avons attribué les propriétés thérapeutiques des poudres ainsi obtenues aux diastases tissulaires et non aux impuretés qu'elles peuvent contenir, et cela en raison de ce que : 1° ces poudres sont sans action sur les sujets sains; 2° elles agissent à doses presque infinitésimales. (1^{mg} pour un organisme de 60^{kg}); 3° leur action n'est pas proportionnée à la dose. Les doses massives ne produisent pas plus d'effets que les doses thérapeutiques extrêmement faibles. Le caractère même de ces effets élimine immédiatement l'hypothèse d'hormones ou d'excitants fonctionnels et ne permet d'envisager que celle d'une action catalytique. On s'explique alors l'absence d'action sur les sujets sains, sachant que l'intensité des phénomènes chimiques de la nutrition n'est pas liée à l'abondance des matériaux ou des agents nutritifs (catalyseurs), mais uniquement aux besoins physiologiques de l'organisme.

Ces diastases tissulaires contiennent nécessairement des ferments d'analyse : protéases, amylases, lipases, oxydases, qu'il est facile de mettre en évidence dans les poudres retirées des divers organes. Mais les propriétés protéolytiques, amylolytiques, etc. de ces poudres sont très faibles comparées à celles des ferments digestifs. Il semble donc que les diastases analysantes ne représentent qu'une minime partie de ces poudres. Le reste serait-il constitué par les diastases de synthèse dont Duclaux a émis le premier l'hypothèse? Les diastases de synthèse seules permettraient d'expliquer la spécificité d'organe de ces poudres dont l'activité thérapeutique devrait leur être attribuée. On conçoit en effet que ces ferments soient susceptibles de favoriser la réparation des lésions.

L'analyse physico-chimique peut nous apporter quelques renseignements utiles.

Analyse chimique. Étude des cendres. — Nous avons été très surpris en incinérant ces diastases tissulaires dans une capsule de platine de constater que le résidu minéral était très abondant et qu'au lieu de se présenter à l'état amorphe et pulvérulent, il entrait en fusion à une certaine température et laissait par refroidissement une importante masse vitreuse, transparente comme du verre, formant à la surface du platine un véritable émail.

Cette masse est inattaquable par les acides, sauf l'acide fluorhydrique qui la dissout rapidement, en laissant un dépôt de silice gélatineuse. Elle est soluble dans la potasse caustique au rouge, insoluble dans la solution à

froid qui produit seulement et à la longue un léger dépoli. Cette masse est donc constituée par une forte proportion de silice ou mieux de silicates.

Les diastases tissulaires de tous les organes sans exception (foie, pancréas, estomac, intestin, poumon, cœur, muscles lisses, muscles striés, thyroïdes, surrénales, rein, etc.) abandonnent à l'incinération cette masse vitreuse; toutes, sans exception, renferment donc de la silice. Toutes également renferment du calcium. A part ces deux éléments, on trouve, dans les diastases de certains organes seulement, de l'acide phosphorique, de l'acide arsénique, du magnésium et du fer, toutes substances décelables facilement par les procédés chimiques.

Les diastases de chaque organe paraissent avoir une composition minérale constante, variable seulement d'un organe à l'autre.

La proportion d'éléments minéraux est très importante, eu égard aux traces extrêmement faibles de ces mêmes substances que l'on trouve dans les organes d'où ces diastases sont extraites. Nous donnons quelques chiffres à titre d'exemple :

Diastases de	foie	24 à 32	pour 100
»	pancréas	15	»
»	rein	19	»
»	muqueuse gastrique	24 à 35	»
»	thyroïde	42	»
»	muscles striés	46	»

Pour certaines diastases, les éléments minéraux entrent donc pour près de moitié dans la constitution du catalyseur.

Ces poudres présentent deux particularités extrêmement curieuses : leurs *propriétés thérapeutiques* et leur *extrême richesse en éléments minéraux, surtout en silice*. Ces deux faits ne seraient-ils pas solidaires l'un de l'autre? L'analyse électrique va nous répondre.

Analyse électrique. — En soumettant à l'électrolyse les solutions de ces poudres, dans les mêmes conditions que les diastases de suc pancréatique, nous avons constaté que ces solutions laissent passer de 7 à 10 milliampères, c'est-à-dire qu'elles sont notablement plus conductrices que l'eau pure et que l'arrachement des éléments minéraux, par transport des métaux à la cathode et des radicaux acides à l'anode, entraîne un coagulum à la fois *dans la branche positive et dans la négative*. Ce coagulum se comporte exactement comme celui des diastases du suc pancréatique. Le louche se résout en grumeaux, animés d'un double mouvement ascendant et descendant vis-à-vis de l'électrode. Ces grumeaux vont d'abord en augmentant de nombre

et de dimension, puis ils deviennent de plus en plus fins, de moins en moins nombreux, leurs mouvements sont de plus en plus lents, jusqu'à ce qu'ils se déposent, une fois déminéralisés et frappés d'immobilité. Pendant ce temps, le liquide de la branche positive devient acide et se charge de silice soluble, tandis que celui de la branche négative devient alcalin en se chargeant de chaux. L'électrode négative se recouvre d'un dépôt d'oxydes et la positive reste intacte.

L'arrachement complet des éléments minéraux demande le *même temps* que pour les diastases du suc pancréatique, 4 à 5 jours. Ce n'est qu'à partir de ce moment que l'immobilité des particules est obtenue.

En outre, ces solutions, dans lesquelles les ions minéraux ont été arrachés brutalement et complètement du substratum protéique, ont *perdu leurs propriétés thérapeutiques*, et ce n'est qu'à partir du moment où l'immobilité complète des grumeaux est obtenue que ce résultat est atteint.

Les diastases de muscles lisses en particulier qui, administrées à des sujets atteints d'insuffisance fonctionnelle des muscles lisses de l'intestin, compensée par une exagération de l'excitation nerveuse vago-sympathique, produisent de violentes coliques et de la diarrhée, deviennent tout à fait inertes après avoir subi cette opération.

Ces poudres tissulaires, douées de propriétés thérapeutiques, et dont on a discuté la nature diastasique, présentent donc les plus grandes analogies avec les diastases extraites du suc pancréatique et l'amylase de l'orge germée. Comme ces dernières, elles perdent leur activité sous l'influence de la dissociation complète des éléments minéraux et protéiques, obtenue dans les deux cas par électrolyse.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Essais de détection de l'acide pyruvique dans le muscle et le foie.* Note de MM. **L.-J. Simon** et **E. Aubel**, présentée par M. Henneguy.

« L'isolement de l'acide pyruvique au cours du catabolisme de l'alanine ou de l'acide lactique n'a pas encore été accompli. Mais on peut hardiment poser la question : La conversion de l'acide lactique en alanine se fait sans doute avec formation intermédiaire d'acide pyruvique. » C'est en ces termes que Dakin pose le problème. Il était intéressant de reprendre la question en nous servant d'une technique qui permet de déceler dans le sang $0^{g},1$ d'acide pyruvique ajouté dans 1000^{cm^3} (1).

(1) L.-J. Simon et E. Aubel, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1925.

1° *Recherche sur la bouillie de muscle ou de foie frais.* — Nous nous sommes assurés que l'extrait aqueux de 500g de muscle ou de foie, ramené à un volume de 7^{cm^3} ne donnait aucune des réactions de l'acide pyruvique.

2° *Action de la bouillie de muscle ou de foie sur l'acide pyruvique.* — Tschernorutsky a prétendu que le foie et le muscle, mis en contact avec l'acide pyruvique, font disparaître, totalement au bout de 7 jours, l'acide ajouté avec dégagement de CO^2 et production de substances réduisant le nitrate d'argent; mais Levene et Meyer, opérant aseptiquement, n'ont observé ni dégagement de CO^2 ni absorption de l'oxygène nécessaire pour transformer les produits de la réaction en CO^2 et H^2O.

Nous avons mélangé 50g de bouillie d'organe avec 200^{cm^3} d'une solution à 1 pour 100 environ d'acide pyruvique, neutralisée. Le tout a été abandonné sous le toluène. On a fait des prélèvements successifs allant de 30 minutes de contact à 24 heures et 8 jours et l'on a dosé après défécation par l'acide trichloracétique l'acide pyruvique restant :

Départ	1g,25	d'acide pour 100
1 heure	1,00	»
24 heures	0,83	»
8 jours	traces	»

Il semble donc qu'il y a disparition. Mais si l'on sépare la bouillie d'organe et qu'on la lessive à l'eau bouillante à l'aide de lavages prolongés, on récupère une grande quantité d'acide pyruvique et les chiffres corrigés deviennent :

Départ	1g,25	d'acide pour 100
24 heures	1,17	»
8 jours	1,08	»

Il n'y a donc pas eu, pratiquement, destruction de l'acide.

3° *Y a-t-il formation d'acide pyruvique par action de la bouillie d'organes sur l'alanine, le lactate de Na ou le glucose?* — Nous nous sommes servis de solutions à 10 pour 100 des corps expérimentés, mis en contact, 100^{cm^3} de solution, avec 25g d'organes broyés. Après un contact de 24 heures sous toluène, on a séparé la partie liquide et lessivé à l'eau bouillante la bouillie. Les eaux réunies, concentrées dans le vide, n'ont fourni aucune des réactions de l'acide pyruvique dont on aurait pu, ainsi qu'en font foi des expériences témoins, déceler 0g,1. Ces résultats détruisent l'objection suivant laquelle l'acide retrouvé lors des expériences citées plus haut aurait été formé aux dépens de matériaux du muscle ou du foie.

4° *Peut-on retrouver l'acide pyruvique dans le foie, après injection lente,*

dans cet organe, d'acide pyruvique, d'alanine, de lactate de Na ou de glucose? — L'expérience a été faite sur des chiens et des lapins. Pour les chiens on injectait lentement dans une mésaraïque, pour les lapins, dans la veine porte, les solutions renfermant 10^g pour 100 des substances essayées. On faisait passer 30^g à 40^g de matière en 1 heure. Puis l'animal était sacrifié, et l'on recherchait sur son foie l'acide cétonique. L'animal était à jeun pour les expériences avec l'alanine, avait son foie enrichi de glycogène pour les autres corps.

Injection d'acide pyruvique. — Sur 30^g de pyruvate de Na injecté il a été retrouvé 10^g,8 d'acide pyruvique correspondant à 13^g,6 de sel. La transformation bien connue de l'acide cétonique en acide lactique n'est donc pas très rapide, et, *in vivo*, l'acide pyruvique est relativement stable.

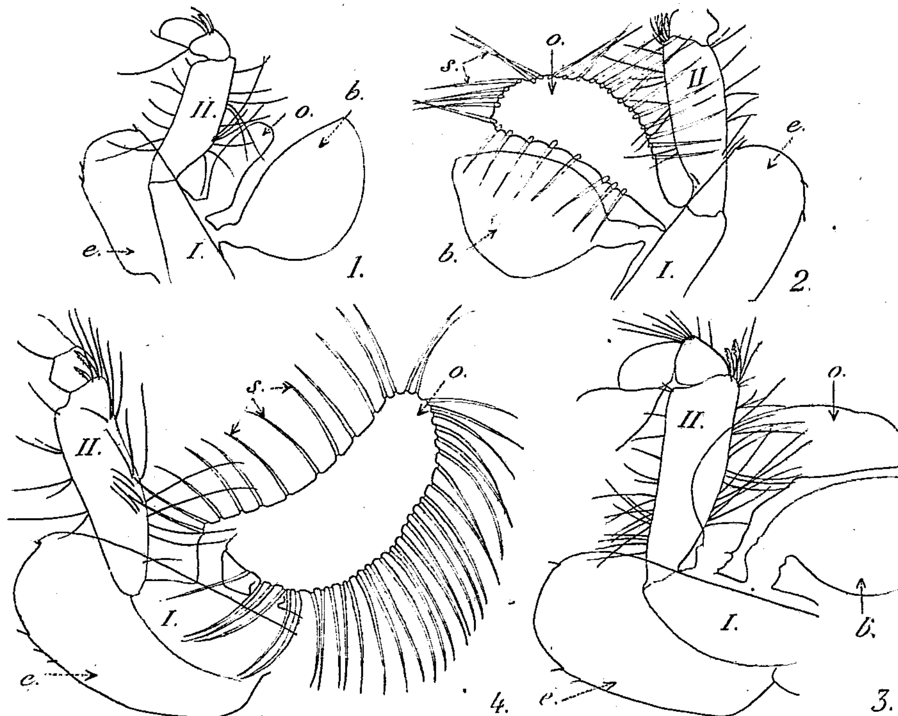
Injection d'alanine, de lactate de Na et de glucose. — Dans aucun cas nous n'avons pu caractériser l'acide pyruvique.

5° *Conclusions.* — Mis au contact de la bouillie de foie ou de muscle frais, l'acide pyruvique ne disparaît pas. *In vivo*, injecté dans le foie, il disparaît, mais assez lentement de telle sorte que, après une heure, il est possible d'en retrouver inaltéré environ 40 pour 100. L'alanine, le glucose, l'acide lactique dans les mêmes conditions n'ont pas donné de quantité décelable d'acide pyruvique. Doit-on en conclure que l'acide ne se forme pas dans les conditions où nous nous sommes placés ? Nous n'oserions l'affirmer. Il se peut en effet que ces résultats négatifs soient dus à une sensibilité insuffisante de la méthode, ou à la rapidité de transformation de l'acide au moment de sa naissance.

BIOLOGIE. — *Caractère sexuel temporaire chez* Gammarus duebenii *Lilj.* (Crustacé amphipode). Note de Mlle **M.-L. Legueux**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Chez les Crustacés amphipodes, de la tribu des *Gammaridea*, les jeunes femelles possèdent des lames ovigères dont le bord est dépourvu de soies, alors que chez les femelles porteuses d'œufs, ces mêmes lames sont armées de soies très longues, qui contribuent à la formation de la chambre incubatrice. Des élevages de *Gammarus duebenii* Lilj., espèce commune dans les eaux saumâtres supra-littorales de la côte du Calvados, m'ont permis de constater que la présence de ces soies constitue un caractère sexuel temporaire. Ce fait résulte des observations suivantes :

Des femelles de *G. duebenii* Lilj., à lames ovigères dépourvues de soies (*fig.* 1), sont placées dans des cristallisoirs. Après quelques jours d'observation, des mâles sont introduits et des couples se forment rapidement. Au bout de huit jours les mâles se séparent des femelles; celles-ci muent et pondent. Les mâles sont alors retirés des cristallisoirs. A ce moment, si l'on



Gnathopodes II de *Gammarus duebenii* Lilj. × 46.
o, lame ovigère; *s*, soies ovigères; *b*, lamelle branchiale; *e*, épimère; I, premier article du gnathopode; II, second article du gnathopode.

Fig. 1. Chez une jeune femelle immature. — Fig. 2. Chez une femelle à la première ponte. — Fig. 3. Chez une femelle dont les ovaires sont à l'état de repos et qui vient de muer. — Fig. 4. Sur la mue de la femelle ayant fourni la figure 3.

examine les femelles, on constate que leurs lames ovigères portent des soies (*fig.* 2), alors que les lames de l'exuvie en sont dépourvues.

C'est donc pendant la formation de la nouvelle cuticule que les soies se sont développées. Il est d'ailleurs facile de vérifier ce fait, en examinant des femelles vers la fin de la période d'accouplement. Par transparence, on aperçoit les soies des lames ovigères qui s'accroissent en s'insinuant sous la cuticule qui deviendra l'exuvie.

Après la ponte on assiste au développement embryonnaire qui se poursuit dans la chambre incubatrice. Sa durée est variable; elle est en moyenne de quinze jours. Au bout de ce temps, les jeunes abandonnent les femelles. Celles-ci, débarrassées de leur progéniture, présentent bientôt une nouvelle période d'activité des ovaires, et l'on peut suivre la croissance des ovocytes qui forment deux bandes noires dorsales de part et d'autre du tube digestif.

A ce moment, si l'on introduit des mâles dans les cristallisoirs d'élevage, on observe qu'il y a de nouveau accouplement. Celui-ci est, comme précédemment, suivi d'une mue et d'une ponte. On constate toujours la présence de soies sur les lames ovigères. J'ai observé que l'on peut obtenir jusqu'à trois accouplements successifs. Mais finalement, après l'abandon des femelles par les jeunes *Gammarus* nés de la dernière ponte, les ovaires entrent dans une période de repos pendant laquelle se produit, assez tardivement d'ailleurs, une nouvelle mue. Si, après cette mue, on examine les lames ovigères des femelles, on constate qu'elles ne possèdent plus de soies (*fig.* 3), alors que celles-ci sont présentes sur la dernière exuvie (*fig.* 4).

Les femelles en période de repos sexuel perdent donc leurs soies ovigères.

Il paraît donc bien exister une relation entre l'évolution des ovaires et la présence ou l'absence de soies sur les lames ovigères. On peut en effet tout aussi bien observer de petites femelles que de grandes femelles à lames ovigères dépourvues de soies : les premières sont de jeunes femelles immatures, les secondes des femelles dont l'ovaire est en état de repos.

Nous nous trouvons ici en présence d'un caractère sexuel secondaire temporaire en tout point comparable à celui que Sollaud (1923) (1) a décrit chez les *Palemoninæ*. Nous ajouterons cependant, que chez *G. duebenii* Lilj. les soies des lames incubatrices sont les seules qui apparaissent pendant la période d'activité ovarienne. J'ai fait une étude comparative des articles 1 et 2 des péreiopodes, qui limitent la chambre incubatrice, et je n'ai constaté aucune différence, en ce qui concerne le nombre ou la longueur des soies, entre les femelles en période de repos sexuel et celles qui sont en période de reproduction.

En résumé, ces observations, tant chez les *Palemoninæ* que chez les *Gammaridea*, permettent de se demander s'il n'existe pas chez ces Crustacés une hormone morphogène, déterminant l'apparition des caractères sexuels secondaires temporaires.

---

(1) E. Sollaud, *Recherches sur l'embryogénie des Crustacés Décapodes de la sous-famille des Palemoninæ* (*Bull. Biol. Fr. et Belg.*, Suppl. V, 1923).

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Un nouveau cas d'hermaphrodisme chez l'Oursin*, Strongylocentrotus lividus. Note de M[me] **Anna Drzewina** et M. **Georges Bohn**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'hermaphrodisme, chez les Échinides, est extrêmement rare. En fait, malgré le nombre formidable d'Oursins utilisés dans des expériences et recherches de toutes sortes, on n'a signalé jusqu'ici que deux individus hermaphrodites : un *Sphærechinus granularis*, recueilli par Viguier (¹) sur les côtes d'Alger, et un *Strongylocentrotus lividus*, pêché dans la rade de Villefranche et étudié en détail par Maurice Herlant (²). Ce *Strongylocentrotus* présentait trois testicules normaux, un testicule atrophié et parasité et une volumineuse glande mixte dont les produits, mélangés dans l'eau de mer, ont donné, par autofécondation, des larves bien constituées et sans aucune anomalie apparente. Herlant s'est demandé, sans y insister, si la présence d'un parasite dans le testicule atrophié ne serait pas la cause déterminante de l'hermaphrodisme de la glande mixte.

Nous avons nous-mêmes eu l'occasion d'examiner des milliers et des milliers d'Oursins, soit au cours de nos recherches personnelles, soit pendant les manipulations du P. C. N. de Paris, sans jamais être tombés sur un Oursin hermaphrodite. Or, pendant notre séjour l'été dernier au laboratoire de Roscoff, dans un lot de *Strongylocentrotus lividus* dragués le 5 juin au Béclem, il s'en est trouvé un dont l'aspect extérieur ne présentait rien de particulier, mais qui, ouvert, a aussitôt attiré notre attention par ce fait que ses glandes génitales, toutes également bien développées et turgescentes, n'étaient pas toutes de la même couleur : quatre étaient orange comme le sont habituellement les ovaires, la cinquième était jaune paille comme chez les mâles, et, aussitôt incisée, a laissé couler abondamment le liquide spermatique blanc habituel. Les quatre autres glandes étaient des ovaires, parfaitement mûrs eux aussi. Cet Oursin se distingue donc de celui décrit par Herlant en ce que les glandes étaient toutes normales et bien individualisées : quatre entièrement femelles, la cinquième entièrement mâle.

La position respective de ces glandes par rapport à la plaque madréporique (qui se trouve dans l'interradius 2) n'est pas sans intérêt. La glande mâle était située dans l'interradius 3. Or Delage ayant constaté, chez *Strongylo-*

(¹) *Comptes rendus*, t. 131, 1900, p. 63.

(²) *Arch. de Zoologie expérim. et génér.*, t. 57, *Notes et Revue*, 1918, p. 28 à 31.

centrotus lividus, que l'anneau formé par les gonades est toujours incomplet dans le radius III, émet au sujet du développement des glandes génitales l'opinion suivante (¹) : « Le bourgeon génital, partant de l'interradius 2, au lieu de se développer des deux côtés, se développe seulement vers l'interradius 1, continue dans le sens 5, 4, 3, et s'arrête avant d'avoir rejoint 2 ». C'est précisément dans l'interradius 3, donc à l'extrémité distale de l'anneau génital incomplet, que se trouvait la glande mâle chez notre Oursin.

Afin de s'assurer qu'il s'agit d'hermaphrodisme fonctionnel, nous avons (6 juin), d'une part, essayé l'autofécondation, en mélangeant œufs et sperme dans l'eau de mer, et d'autre part nous avons fécondé les œufs d'un *Strongylocentrotus* normal avec le sperme de l'Oursin hermaphrodite.

Dans tous les cas, nous avons obtenu des développements normaux, sensiblement synchrones. Cependant, les larves issues de l'autofécondation, bien qu'aussi robustes que les larves témoins (le 19 juin, jour de notre départ, elles étaient encore bien vivantes), étaient presque toutes, arrivées au stade pluteus, d'aspect anormal. Le caractère dominant était l'asymétrie et la déviation des bras, avec des variantes multiples : un ou plusieurs bras recourbés tantôt vers le dedans, tantôt vers le dehors, ou bien pointant dans diverses directions chez le même individu, ce qui amenait de bizarres intrications; bras de dimensions très inégales, certains complètement atrophiés; quelquefois, mais rarement, des bras en surnombre (nous avons trouvé en particulier un individu à 6 bras qui présentait deux cavités gastriques). De plus, le corps, au lieu de former la pyramide bien connue, était lui aussi souvent déformé, infléchi, surbaissé, en dôme...

Ces cas d'hermaphrodisme, si rares chez les Échinides, doivent-ils être interprétés en partant de cette idée qu'il y a en général, chez un même individu, lutte entre les potentialités des sexes opposés, et que chez les Oursins la dominance est très forte de l'un sur l'autre, et ne faiblirait que dans des conditions exceptionnelles, laissant ainsi se manifester côte à côte les deux potentialités? Nous avons à cet égard des observations sur un Oursin fouisseur, l'*Echinocardium cordatum*, que nous réservons pour un travail ultérieur.

(¹) *Zoologie concrète*, t. 3, p. 214.

PARASITOLOGIE. — *Sur quelques Microsporidies parasites d'Arthropodes.* Note [1] de M. **Raymond Poisson**, présentée par M. F. Mesnil.

Je décrirai dans cette Note trois espèces de Microsporidies non encore signalées à ma connaissance. L'une a été observée chez un individu ♀ de *Notonecta viridis* Delc. et les deux autres chez un exemplaire de *Niphargus stygius* Schiödte.

A. La Microsporidie parasite de *N. viridis.* — La Notonecte parasitée présentait un tissu adipeux hypertrophié et blanchâtre, alors que normalement celui-ci présente une teinte jaune verdâtre.

L'étude de frottis et de coupes m'a permis d'observer les principaux stades de développement du parasite.

Les schizontes amiboïdes mesurent de 2^{μ} à 4^{μ} (*fig.* 1); ils se multiplient activement, non seulement dans tout le corps gras, mais encore dans la cavité générale. La schizogonie est le plus souvent binaire et les chromosomes, au cours des divisions nucléaires, ne s'individualisent pas comme chez *Thelohania mœnadis* Ch. Pérez et *Th. magna* R. Kudo (1922) [2].

Les sporontes uninucléés mesurent de 5^{μ} à 7^{μ} (*fig.* 2 et 3); leur cytoplasme renferme des chromidies et de petites plages mucoïdes décelables par la méthode de Prenant.

La figure 4 est un exemple des divisions nucléaires qui conduisent à la formation des pansporoblastes. Ceux-ci, lorsqu'ils sont constitués, renferment 8 sporoblastes (*fig.* 5). (J'ai noté l'existence de quelques rares pansporoblastes à 16 cellules.) Le pansporoblaste semble ensuite passer par un stade de gonflement : les noyaux prennent alors un aspect vésiculeux (*fig.* 6). Puis le noyau de chacun des sporoblastes entre en division; en même temps ils s'aplatissent et prennent une forme arquée (*fig.* 7). J'ai pu constater, dans certains cas, la présence de cinq corpuscules chromatiques que j'interprète comme représentant : les deux noyaux valvaires (*fig.* 7, *v*), le noyau capsulaire (*c*) et les deux noyaux sporoplasmiques (noyaux du germe, *fig.* 7 et 8).

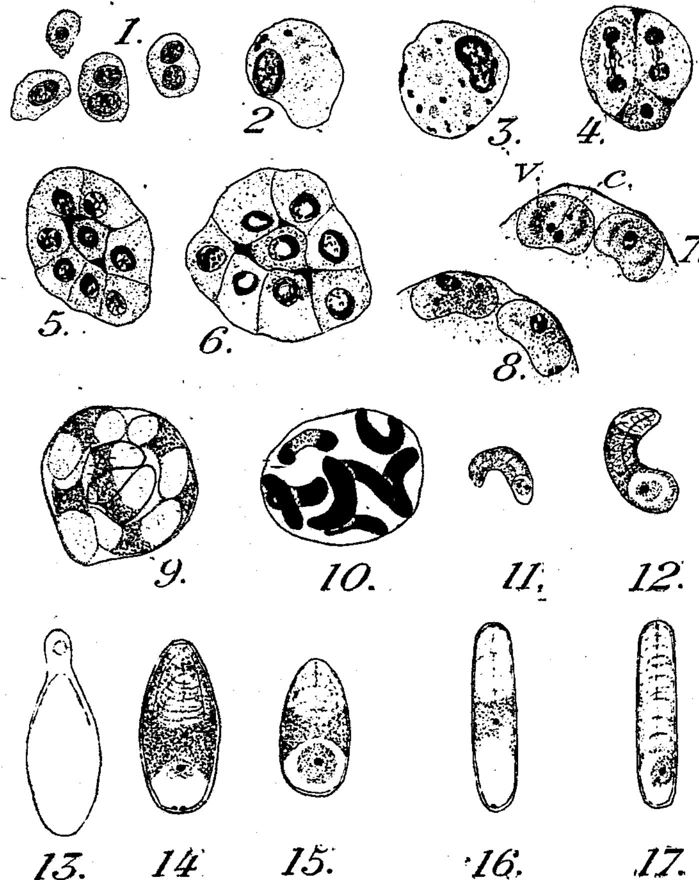
La spore mûre est en forme de large virgule (*fig.* 11 et 12). Observée dans l'eau physiologique (*fig.* 9, coloration lente post-vitale au bleu de

---

(1) Séance du 28 janvier 1924.

(2) R. Kudo, *Studies on Microsporidia with special reference to those parasitic in Mosquitoes* (*Journ. of Morphology*, t. 35, p. 153).

méthylène), sa longueur atteint 6^{μ}; ses deux extrémités sont alors éloignées de $4^{\mu},5$ environ. La fixation détermine une rétraction assez accusée et les dimensions deviennent alors : longueur $4^{\mu},5$ à 5^{μ}; largeur $1^{\mu},5$; distance entre les pôles 3^{μ} (*fig.* 10). Les spores sont tout d'abord réunies sous la membrane du pansporoblaste et forment des kystes à 8 éléments.



A. Microsporidie parasite de *N. viridis* Delc. : *Toxonema Mercieri* n. sp. (× 3000, sauf la figure 12 obtenue avec le système de grossissement suivant : Oc. comp. 12, obj. à imm. 1/16 de Leitz, tubul. 160, projection sur table).

B. Microsporidies parasites de *N. stygius*. Schiödte. Figures 13 à 15 : *Thelohania Vandeli* n. sp. (× 3000). Figures 16-17 : *Mrazekia niphargi* n. sp. (× 3000).

L'une des extrémités de la spore est plus renflée que l'autre et présente une vacuole dans laquelle se trouve le germe, ou sporoplasme, dont le noyau peut être simple ou géminé (*fig.* 11 et 12). La capsule coiffe la chambre du germe. Je n'ai pas observé la dévagination du filament qui

cependant est visible et occupe toute la région antérieure, au-dessus de la vacuole.

Si nous comparons la Microsporidie parasite de *Notonecta* avec les espèces connues, nous constatons que, par la forme de sa spore, elle se rapproche du genre *Toxonema* Léger et Hesse (1922) (¹). D'autre part, l'unique espèce connue de ce genre : *T. vibrio* Léger et Hesse, présente des pansporoblastes à 8 spores comme ceux de la Microsporidie de *Notonecta*. Ces deux faits me conduisent à placer cette dernière forme dans le genre *Toxonema* et je la nomme *Toxonema Mercieri* n. sp.

B. Les Microsporidies parasites de *N. stygius*. — L'exemplaire de *Niphargus*, abondamment parasité, m'a été aimablement adressé par M. A. Vandel, maître de conférences à la Faculté des sciences de Toulouse. Cet Amphipode, capturé à Issy près de Paris, a été déterminé par M. E. Chevreux. Les spores me paraissent se rapporter à deux types :

a. Type *Thelohania* (*fig*. 14-15). — Les spores normales sont ovoïdes (*fig*. 15). Leur longueur varie entre 6^{μ} et $6^{\mu},5$; leur plus grande largeur est de 3^{μ}. La chambre du germe est postérieure. J'ai remarqué de nombreuses spores anormales (*fig*. 13). Les pansporoblastes sont octosporés.

Cette Microsporidie, à spores un peu plus grandes que celles de *Th. Mülleri* L. Pfeiffer et *Th. Giraudi* Lég. et Hesse (1907) (²) (parasites toutes deux du *Gammarus pulex* L.), me paraît devoir constituer une espèce nouvelle, que je nomme *Thelohania Vandeli* n. sp.

b. Type *Mrazekia* Lég. et Hesse (1916) (³). — Les pansporoblastes renferment 8 et parfois 16 spores. Celles-ci sont tubuleuses, mais ne présentent pas de manubrium axial net. Leur longueur est de 8^{μ} à 9^{μ} et leur largeur de 2^{μ}. La chambre du germe est postérieure et celui-ci renferme un noyau géminé (*fig*. 17). Je nomme cette Microsporodie *Mrazekia niphargi* n. sp.

Notons, pour terminer, que la position du sporoplasme dans les spores des trois espèces que je viens d'étudier est conforme au type décrit par Léger et Hesse (1916) (⁴).

(¹) Léger et Hesse, *Microsporidies bactériformes et essai de systématique du groupe* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 327).

(²) Léger et Hesse, *Sur les Microsporidies de la Crevette d'eau douce* (*C. R. Soc. Biol.*, t. 80, p. 12).

(³) Léger et Hesse, « *Mrazekia* » *genre nouveau de Microsporidies à spores tubuleuses* (*C. R. Soc. Biol.*, t. 79, p. 345).

(⁴) Léger et Hesse, *Sur la structure de la spore des Microsporidies* (*C. R. Soc. Biol.*, t. 79, p. 1049).

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Remarques sur les polyadénomes stomacaux du type Brünnerien.* Note de M. R. **Argaud**, présentée par M. Henneguy.

La présence des glandes de Brünner dans la paroi stomacale nous paraît présenter, plus souvent qu'on ne le croit, un autre intérêt que celui d'une simple anomalie topographique. On sait déjà (Hayem, 1875, 1897; Bensaude et Soca, 1900, etc.) que leur groupement erratique peut devenir le siège de tumeurs malignes; mais il fut toujours question, dans les cas relatés, d'une transformation cancéreuse de polyadénomes préexistants. En réalité la nocivité de ces formations peut être le résultat de tout autre processus. C'est ainsi que, par une simple prolifération désordonnée, tout en restant normales et surtout en n'affectant aucune des modifications morphologiques caractéristiques des adénomes ou des épithéliomes, les glandes de Brünner peuvent constituer une tumeur maligne.

Il ne s'agit ni de la tendance au développement centrifuge des acini, comme dans les adénomes, ni de la prolifération centripète des cellules, comme dans les épithéliomas glandulaires; bien au contraire, les cellules restent régulièrement disposées côte à côte; c'est à peine si l'on peut observer quelques légères bosselures superficielles des acini ou quelques plissements en accordéon, soulignés par des traînées de cellules plasmatiques souvent éosinophiles. La seule différence avec l'état normal résiderait, à bien y chercher, dans le nombre un peu plus considérable des cellules granuleuses décrites par Oppel (1911) et comparées par lui aux cellules de Paneth. Les glandes de Brünner ressemblent alors assez bien à des glandes salivaires mixtes avec quelques acini séreux et, quelquefois même coiffant un groupe de cellules claires, de rares croissants de Gianuzzi. On peut suivre, d'ailleurs, sur certains acini, toute l'évolution structurale des cellules bourrées de fines granulations éosinophiles. Ces granulations grossissent; leur périphérie paraît se liquéfier; elles apparaissent comme des grains rouges au centre de vacuoles blanchâtres; puis les grains disparaissent; les vacuoles deviennent plus ou moins confluentes. Les cellules sont alors claires et, lentement, se remplissent d'une substance transparente de plus en plus abondante qui relègue et aplatit le noyau contre la membrane basale.

En étendant au domaine de l'histologie normale, en généralisant, par conséquent, les données de l'observation histopathologique, nous pouvons dire, à l'inverse de l'opinion de Oppel, que les cellules séreuses des glandes

de Brünner ne sont pas des éléments spécifiques possédant un ferment digestif spécial. Nous pensons, au contraire, que les cellules sombres et les cellules claires des glandes de Brünner répondent simplement aux stades extrêmes d'une même activité fonctionnelle.

Mais le fait important sur lequel nous devons insister, c'est précisément ce processus morbide de prolifération des acini Brünneriens qui refoulent d'abord la musculeuse de l'estomac, l'entament, se logent dans les anfractuosités nouvellement creusées, pour continuer, plus loin encore, leur action térébrante.

En résumé, les polyadénomes Brünneriens de l'estomac peuvent, sans transformation cancéreuse, mais par simple prolifération anormale de leurs acini normaux, envahir la tunique contractile et devenir ainsi des tumeurs malignes au sens des anatomo-pathologistes allemands. Les symptômes cliniques sont ceux de de l'ulcère de l'estomac, quoiqu'à la vérité il puisse n'exister, tout au moins au début, aucune trace d'ulcération.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Essais de traitement des séquelles de l'encéphalite épidémique par injections intra-rachidiennes de virus encéphalitique vivant.* Note de M. C. LEVADITI, présentée par M. Roux.

J'ai montré, en collaboration avec Harvier [1], que le virus encéphalitique de passage par lapins (souche Carnot) n'est pas constamment virulent pour les singes catarrhiniens inférieurs (*Macacus cynomolgus*, *Macacus rhesus*, *Cynocephalus hamadrias*). Un seul *cynomolgus*, parmi les nombreux singes inoculés par voie cérébrale, est mort d'encéphalite (présence de virus dans l'encéphale). Depuis, j'ai eu l'occasion de confirmer ces données, en collaboration avec S. Nicolau et P. Poincloux. De plus, nous nous sommes demandé si le *Chimpanzé* se comportait comme les singes inférieurs, au point de vue de la réceptivité à l'égard du virus encéphalitique de passage. Des expériences ont été faites sur deux jeunes chimpanzés, auxquels nous avons inoculé, par voie intra-cranienne, une émulsion virulente, préparée avec le cerveau d'un lapin mort d'encéphalite aiguë (virus Carnot). Aucun de ces animaux n'a réagi; actuellement, plus de trois mois après l'inoculation, ils sont en parfait état. Nous avons étudié également, sur les mêmes chimpanzés, la virulence des virus encéphalitique et herpétique (souche *Am.*) pour la *cornée*; seul le germe herpétique a déterminé une kératite intense. Nous relaterons ultérieurement les détails de ces expériences.

---

[1] LEVADITI et HARVIER, *Annales Pasteur*, t. 34, 1920, p. 911.

Pour l'instant, retenons ce fait que *le virus encéphalitique, entretenu sur le lapin par de multiples passages cérébraux, est dépourvu de virulence pour le chimpanzé, en injection intra-cérébrale*.

Ces constatations m'ont déterminé à engager MM. L. Fournier, A. Marie, P. Poincloux et A. Schwartz à tenter sur l'homme le traitement des séquelles de l'encéphalite épidémique, par injection de virus encéphalitique vivant, pratiquée dans le canal rachidien. On sait que l'immunité est lente à apparaître au cours de la maladie de v. Economo, et que les récidives sont fréquentes dans cette maladie. D'autre part, j'ai montré, avec S. Nicolau, que l'état réfractaire acquis du névraxe, dans les *ectodermoses neurotropes* (encéphalite, herpès, neurovaccine) est un processus local, le cerveau immunisé détruisant le germe par des moyens qui lui appartiennent en propre [1]. Peut-on réaliser une augmentation du degré de l'état réfractaire des centres nerveux, chez les encéphalitiques, en pratiquant la vaccinothérapie par voie intra-rachidienne? Et si tel est le cas, la guérison, ou, du moins, l'amélioration des symptômes, s'ensuivront-elles?

MM. L. Fournier, A. Marie, P. Poincloux et A. Schwartz ont appliqué la thérapie intra-rachidienne à 6 malades, anciens encéphalitiques, qui présentaient des séquelles, telles que facies parkinsonien, troubles de la démarche, paralysies des nerfs moteurs de l'œil, tremblements, aphasie, phénomènes psychiques. Ces malades ont reçu, par voie rachidienne, 6 à 8 injections (une par semaine) de 2 à 4^{cm^3} de virus encéphalitique vivant. Ces cliniciens relateront, en temps voulu, les résultats de leurs observations. Pour l'instant, il en résulte que l'inoculation intra-rachidienne du virus encéphalitique vivant ne provoque, chez l'homme, que des troubles passagers, sans nulle gravité. Le germe disparaît du liquide cérébro-spinal dans les 24 heures qui succèdent à l'inoculation, ainsi que le prouve l'injection de ce liquide à des lapins (voie intra-cranienne). Enfin, *des améliorations incontestables ont été observées dans quatre cas soumis à la vaccinothérapie intra-rachidienne*.

Conclusions. — *L'inoculation du virus encéphalitique vivant dans le canal rachidien des anciens encéphalitiques ne produit que des troubles passagers, sans aucune gravité. Le germe disparaît rapidement du liquide cérébro-spinal. La thérapie intra-rachidienne semble déterminer une amélioration incontestable des séquelles de l'encéphalite épidémique*.

Étant donnés ces résultats encourageants, il serait utile de multiplier ces tentatives, afin de préciser la valeur thérapeutique de la méthode.

---

(1) Levaditi et Nicolau, *Annales Pasteur*, t. 37, 1923, p. 1.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Vaccine et Mésoderme*. Note de MM. **Georges Blanc** et **J. Caminopetros**, présentée par M. Roux.

Les recherches expérimentales faites en 1901 par Calmette et Guérin établissant la grande réceptivité du lapin à la vaccine ont beaucoup facilité l'étude du virus vaccinal et de son affinité pour certains tissus.

Après A. Marie, Levaditi et ses collaborateurs ont montré que la vaccine pouvait déterminer une encéphalite mortelle chez le lapin, et à la suite de leurs recherches sur quelques ultravirus, ils groupaient sous la dénomination d'*Ectodermoses neurotropes* plusieurs maladies, parmi lesquelles la vaccine, qui ont une affinité spéciale pour les tissus dérivés du feuillet ectodermique de l'embryon.

Or les expériences que nous désirons rapporter dans cette Note attestent que, du moins pour ce qui concerne le virus vaccinal, cette affinité pour les tissus ou organes d'origine ectodermique est loin d'être constante.

En inoculant de la vaccine sous la conjonctive du lapin, ou sous la dure mère après trépanation, nous avons remarqué qu'il se produit, avec une intensité plus ou moins marquée, une réaction œdémateuse qui paraît liée à la présence du virus dans le tissu conjonctif.

Pour nous en assurer, nous avons eu recours à un procédé emprunté à la technique de Borrel pour l'obtention de grosses quantités de pulpe riche en virus de la clavelée, chez le mouton. Nous inoculons, sous la peau des flancs d'un lapin, 100^g à 150^g d'eau physiologique tiédie à la température du corps de l'animal et dans laquelle ont été émulsionnés 2^{cm^3} d'une dilution de virus vaccinal aseptique. Dans une première série d'expériences nous avons utilisé du virus vaccinal entretenu sur lapin par passages intra-cérébraux. Dans une seconde série nous avons employé de la vaccine cutanée de génisse, que nous avons purifiée par quelques passages sur la cornée du lapin. Cette méthode donne pratiquement, comme nous l'avons montré antérieurement, une purification suffisante. Les deux méthodes nous ont donné des résultats identiques. Notons cependant qu'au premier passage sous-cutané, la vaccine cornéenne donne une réaction moins forte que la vaccine cérébrale. Mais, après quelques passages sur lapin, les virus des deux origines manifestent une égale virulence et déterminent des réactions identiques. D'autres lapins témoins n'ont reçu que de l'eau physiologique stérile. Voici les faits que nous avons observés :

Quelques heures après l'inoculation, le liquide se rassemble dans les parties déclives de l'abdomen, où il se forme un placard rénitent qui se résorbe

assez vite 48 heures après l'injection, il n'en reste aucune trace chez les lapins témoins.

Par contre, chez les lapins inoculés avec le virus vaccinal, on sent un petit cordon ventral qui donne la sensation d'un cordon lymphangitique. Le troisième et le quatrième jour, la réaction augmente pour atteindre son développement maximum du cinquième au sixième jour. Elle forme alors une masse volumineuse un peu élastique, infiltrée et adhérente à la peau. A ce moment l'animal, jusque-là bien portant en apparence, perd l'appétit, et devient triste. Sa température s'est progressivement élevée jusqu'à 40°,5. Vers le sixième ou le septième jour elle tombe à 38° ou au-dessous et, le jour même ou le lendemain de cette chute, l'animal meurt en hypothermie. L'incision de la paroi abdominale montre un tissu lardacé, épais d'un travers de doigt, occupant toute la paroi déclive de l'abdomen. Tout le tissu conjonctif est fortement œdématié. A la coupe il laisse couler une sérosité limpide, jaunâtre, comme dans le cas d'inoculation de claveau chez le mouton. La peau de la région ventrale est profondément infiltrée et d'un rouge violacé. Le cerveau se montre toujours viruleut.

Un lapin de 800g fournit ainsi environ 20g de pulpe et une dizaine de grammes de lymphe. Lymphe et pulpe, après vérification de leur asepsie se montrent virulentes, mais inégalement. On peut reproduire la kératite, l'encéphalite et la réaction sous-cutanée vaccinale chez d'autres lapins avec la lymphe, mais les réactions sur la peau du lapin et de l'homme sont faibles ou nulles. Par contre, la pulpe se montre parfaitement virulente pour le lapin et donne constamment de très belles pustules chez l'homme.

Les passages de lapin à lapin donnent toujours des résultats positifs.

La technique que nous venons d'exposer démontre que le tissu conjonctif, d'origine mésodermique, est au moins aussi sensible que l'ectoderme au virus vaccinal. Elle permet même de se procurer aisément d'assez grandes quantités de vaccin, pur de tout autre germe, et de virulence irréprochable pour l'homme, ce qui peut être avantageux dans certaines circonstances, particulièrement en pays chauds.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Influence du système nerveux sur l'immunisation.* Note de M. S. **Metalnikow**, présentée par M. Roux.

Pour démontrer l'action du système nerveux sur les phénoménes d'immunité, nous avons entrepris toute une série d'expériences sur des grenouilles. Malheureusement ces expériences n'ont pas donné jusqu'à présent de

résultats bien nets, c'est pourquoi nous nous sommes adressé à des animaux plus simples. Les chenilles de *Galleria mellonella* conviennent très bien pour ces sortes de recherches. Elles s'immunisent très facilement envers toute une série de microbes. En outre, elles présentent cet avantage que leurs centres nerveux se logent au-dessous des téguments et sont très faciles à détruire par la brûlure; nous nous sommes servi, pour cette opération, d'un fil de platine chauffé au rouge.

D'abord, nous avons essayé de brûler les ganglions cérébraux. Les chenilles supportent bien cette opération et vivent 2-3 semaines. Elles conservent leur faculté de se mouvoir, mais elles ne mangent rien et ne font pas de cocons. Elles meurent finalement sans pouvoir se transformer en chrysalides et papillons.

Nous avons obtenu les mêmes résultats en brûlant le premier et le second ganglion thoraciques. Tout autres sont les résultats si l'on brûle le troisième ganglion thoracique : la chenille tombe sur le côté et reste paralysée 10-15 jours ; cependant elle est vivante, elle réagit aux excitations, mais elle ne bouge pas, ne mange pas. Elle ne se transforme pas en chrysalide.

La brûlure des ganglions ventraux est moins nuisible : les chenilles restent mobiles, font leurs cocons, mais ne se transforment pas en chrysalides. Toutes les chenilles opérées ont été immunisées par l'injection de cultures chauffées à 58° de Choléra M.

Ainsi que nous l'avons démontré dans un autre travail, cette culture est peu virulente pour les chenilles, mais elle immunise mieux que les cultures très virulentes. Après 24 heures les chenilles sont toutes immunisées ; nous les injectons alors des doses minima mortelles de vibrions vivants.

Expérience 50. — Le 7 novembre, nous avons brûlé les ganglions cérébraux de 10 chenilles. Une heure après cette opération, 5 chenilles étaient immunisées par l'injection des cultures chauffées. Cinq autres chenilles sont restées non immunisées. 24 heures après, toutes les chenilles ont reçu des doses mortelles de Choléra M vivant.

	Après 24 heures.	Après 48 heures.
5 chenilles immunisées......	5 vivantes.	5 vivantes.
5 chenilles non immunisées..	3 vivantes, 2 mortes.	5 mortes.

Expérience 503. — Le 24 novembre, nous avons brûlé, chez 30 chenilles, les premier, deuxième, troisième ganglions thoraciques.

2 heures après cette opération, 15 chenilles étaient immunisées, les 15 autres ne l'étaient pas.

Le lendemain 25 novembre, toutes les chenilles ont reçu des doses mortelles de Choléra M. vivant.

Après :	24 heures.	48 heures.	70 heures.
5 chen. sans 1 gang. thor. immun........	5 viv.	5 viv.	3 viv. 2 m.
5 » 1 » non immun....	3 viv. 2 m.	2 viv. 3 m.	5 m.
5 » 2 » immun........	5 viv.	5 viv.	4 viv. 1 m.
5 » 2 » non immun....	2 viv. 3 m.	1 viv. 4 m.	5 m.
5 » 3 » immun........	2 viv. 3 m.	1 viv. 4 m.	5 m.
5 » 3 » non immun....	5 m.	5 m.	5 m.
5 chenilles témoins immunisées.........	5 viv.	5 viv.	5 viv.
5 » non immunisées.....	3 m. 2 viv.	1 viv. 4 m.	5 m.

Expérience 505. — Le 28 novembre, nous avons brûlé chez 20 chenilles les ganglions ventraux. Vingt-quatre heures après cette opération, 10 chenilles étaient immunisées, les autres sont restées non immunisées. Le 30 novembre, toutes les chenilles ont reçu des doses mortelles de choléra M. vivant.

	Après 24 heures.	Après 48 heures.
10 chenilles immunisées. . .	10 viv.	9 viv., 1 m.
10 chenilles non immunisées.	2 viv., 8 m.	10 m.

Ces expériences montrent que les chenilles normales, les chenilles sans ganglions cérébraux, les chenilles privées du premier ou du deuxième ganglion thoracique ou des ganglions ventraux, sont facilement immunisées contre le choléra. Au contraire, après la destruction de la troisième paire de ganglions thoraciques, l'immunisation est impossible. Ces ganglions semblent donc jouer un rôle important dans les phénomènes d'immunité chez la chenille *Galleria mellonella*.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Disparition d'une atrophie génitale ancienne après ingestion de grandes quantités de thymus cru.* Note (¹) de MM. **Jean Camus** et **J.-J. Gournay**, présentée par M. Charles Richet.

Nous avons montré (²) que le diabète insipide expérimental, provoqué par lésion de la base du cerveau, s'accompagne de troubles très importants du métabolisme des nucléoprotéides à tel point que l'acide urique diminue et parfois disparaît complètement des urines, tandis que corrélativement les bases puriques et les phosphates augmentent de façon considérable.

Depuis notre Communication, nous avons encore vérifié, avec M. Fiterre, ces faits un grand nombre de fois. Nos conclusions générales étaient que le diabète insipide expérimental s'explique par un double mécanisme nerveux et humoral, et nos recherches récentes confirment cette manière de voir. Au

(¹) Séance du 4 février 1924.
(²) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 289.

cours de ces recherches, nous avons observé un fait qui nous a paru digne d'être signalé.

Un de nos chiens en expérience présentait depuis quatre ans, époque à laquelle une lésion de la base cérébrale avait été pratiquée chez lui, un diabète insipide de 3^l à 4^l par jour, une obésité considérable et une atrophie génitale complète. Sa verge était très petite; ses bourses non formées; ses testicules, gros comme de petits haricots, étaient enfouis dans la graisse sous la peau du ventre. Ce chien, opéré en novembre 1919, fut présenté plusieurs mois après à la Société de Biologie, il fut présenté à la réunion internationale neurologique de 1922, il fut montré au cours de M. Abrami la même année, puis en 1923 au cours de M. Gley et à celui de M. Widal.

En août dernier, pour étudier l'influence des nucléoprotéides sur les symptômes présentés par ce chien et en particulier sur sa polyurie, nous lui avons donné chaque jour plusieurs centaines de grammes de ris de veau cru et de la rate. La quantité des urines, sauf un jour où brusquement elle tomba de 4^l à 700^{cl}, ne varia guère, le poids resta le même (28^{kg}); mais en septembre ce chien présenta une excitation génitale insolite qui étonna d'autant plus que, depuis 4 ans, il n'avait manifesté aucun instinct génésique.

Au début de décembre, son poids était encore de 27^{kg}, ses urines atteignaient quotidiennement le chiffre de 4^l, mais sa verge avait plus que doublé, ses bourses s'étaient développées et ses testicules proportionnellement avaient pris un développement énorme.

Une nouvelle administration de ris de veau seul par ingestion prolongée pendant 9 jours fut suivie d'une nouvelle augmentation de volume appréciable à la mensuration.

La quantité considérable de tissus de veau que ce chien a ingéré n'autorise pas une conclusion formelle sur le mécanisme du fait que nous signalons; il se peut que dans les tissus de veau, animal en évolution, dans les plasmas de ces tissus se trouvent des substances qui excitent les fonctions génitales. Le fait, s'il était solidement établi, serait déjà fort intéressant, mais nous ne pouvons nous empêcher de penser à une action spéciale du thymus sur les organes génitaux [1]. Ces derniers, on le sait, augmentent de volume quand le premier régresse. Quelques expériences de thymectomie paraissent favorables à l'hypothèse d'une corrélation fonctionnelle entre les deux organes, mais elles sont différemment interprétées par les auteurs.

[1] Deux autres expériences non terminées (que nous poursuivons en ce moment) plaident dans le même sens.

CHIMIE THÉRAPEUTIQUE. — *Sur une nouvelle série de médicaments trypanocides.* Note de MM. **Ernest Fourneau, Jacques Tréfouël, Mme Jacques Tréfouël** et **Jean Vallée**, présentée par M. E. Roux.

Vers la fin de l'année 1920 on entendit parler, pour la première fois, sous le nom de « 205 Bayer », d'un nouveau médicament trypanocide trouvé dans les laboratoires de la grande maison de produits chimiques allemande, des Farbenfabrik form. Bayer.

Jusqu'ici la composition de ce médicament est restée ignorée. Les fabricants se sont énergiquement refusé à la divulguer en raison, disent-ils de la difficulté considérable qu'ils éprouvent à se garantir contre la concurrence étrangère. Toutefois on sait que ce produit ne contient ni arsenic, ni antimoine.

Les premières publications montrèrent qu'il s'agissait d'une substance douée d'un pouvoir trypanocide exceptionnel, supérieur de beaucoup à celui de tous les médicaments employés jusqu'ici dans le traitement des trypanosomiases. C'est ainsi que le rapport entre l'action curative et l'action toxique dépasse 160 et atteint parfois 300. En un mot, tandis que 12^{mg} de 205 ne tuent pas une souris de 20^{g}, il suffit de $\frac{1}{16}$ de milligramme pour la débarrasser définitivement de ses trypanosomes.

Les expériences de laboratoire justifiaient tous les espoirs et, malgré le mystère qui entourait le 205, peut-être même à cause de ce mystère, il attira rapidement l'attention de tous les spécialistes des maladies tropicales. Autour de lui se développa bientôt une atmosphère d'intense curiosité. L'intérêt était d'autant plus grand que les Allemands ne voulaient fournir cette drogue qu'à des personnes choisies avec soin et qui devaient prendre l'engagement formel de n'en céder à qui que ce soit.

Que peut-on savoir sur la composition chimique de cette mystérieuse substance? — En parcourant la liste des brevets parus depuis l'année 1912, l'attention est attirée sur toute une série de substances découvertes dans les laboratoires des Farb. f. Bayer. Dans le premier de ces brevets il est dit que les corps décrits agissent sur les trypanosomes. En nous aidant de ces brevets et après des recherches systématiques qui ont duré plus d'une année, nous sommes arrivés à préparer une substance que nous croyons identique au « 205 Bayer ». Les propriétés physiques et l'action tripanocide sont absolument identiques : il est impossible de déceler la moindre différence. Toutefois, la preuve formelle, telle qu'elle ne peut être donnée que par une étude chimique complète, n'a pu encore être faite par nous, faute d'une quantité suffisante de médicament allemand.

Nous désignons la substance obtenue par nous par le n° 309.

Au point de vue chimique c'est l'*urée symétrique de l'acide métaamino-benzoyl-métaaminoparaméthylbenzoyl*-1-*naphtylamino*-4-6-8-*trisulfonate de sodium.* — Comme on le voit, c'est une substance compliquée, une

sorte de polypeptide à noyaux aromatiques. Son poids moléculaire est de 1428.

Pour la préparer on fait d'abord agir sur le 1-naphtylamino-4.6.8-trisulfonate de sodium le chlorure de l'acide paraméthylmétanitrobenzoïque en présence d'acétate de sodium, en favorisant la réaction par une agitation énergique. On réduit l'amide nitrée de façon à préparer l'amide aminobenzoïque. Sur la fonction aminée ainsi créée on fait agir le chlorure de métanitrobenzoyle. On réduit la nouvelle fonction nitrée et l'on condense par le phosgène deux molécules du complexe obtenu.

Le 309 se présente sous la forme d'une poudre blanchâtre parfois couleur chair, parfois grisâtre, extrêmement soluble dans l'eau et insoluble dans l'alcool. Elle est facilement hydrolysée par l'acide sulfurique concentré.

L'action sur les animaux est tout à fait remarquable. Comme nous l'avons dit, une souris de 20^g supporte sans trouble apparent une dose de 10^{mg} à 12^{mg}. Si l'on fait agir le médicament sur une souris infectée de *Tr. brucei* (nagana), au deuxième jour de l'infection, alors que le sang contient déjà de nombreux parasites, il suffit de $\frac{1}{32}$ de milligramme pour arrêter le développement de l'infection pendant plusieurs jours, parfois même définitivement. Dans tous les cas, la dose de $\frac{1}{16}$ de milligramme ($0^g,000062$) suffit pour guérir l'animal dans tous les cas.

Avant d'arriver à découvrir cette substance, nous avons dû préparer un très grand nombre d'urées complexes. Nous avons fait varier la nature de l'acide naphtalènesulfonique et celle des acides aminés entrant dans la composition de ces urées. Nous avons constaté qu'on se trouvait en présence d'un cas vraiment surprenant de spécificité : les moindres modifications apportées à la molécule du 309 changent complètement son action trypanocide; il suffit, par exemple, de déplacer le groupe méthyle et de le faire passer du premier noyau au second, pour supprimer l'action sur les trypanosomes. Le déplacement d'une ou plusieurs fonctions sulfonées dans le noyau naphtalènesulfonique apporte les mêmes perturbations ainsi que le remplacement de l'acide aminobenzoïque par les acides aminosalicylique, aminophénylacétique, aminobenzènesulfonique, etc.

La séance est levée à $15^h 55^m$.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 18 FÉVRIER 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. *Costantino Gorini*, professeur à l'Université de Milan, qui assiste à la séance.

PHYSIQUE. — *Remarques sur la Communication de M. Bochet intitulée « Sur la loi des états correspondants de Van der Waals »*. Note de M. **Daniel Berthelot.**

Van der Waals fit connaître en 1873 son *équation d'état des fluides*. Cette équation est algébrique et du troisième degré en v. Il détermina les coordonnées du point critique en écrivant que les trois racines deviennent égales en ce point et non pas, comme le dit M. Bochet (1) en écrivant que le point critique est pour l'isotherme correspondante un point d'inflexion à tangente horizontale. Cette méthode est due à Sarrau. Tandis que la méthode de Van der Waals n'est applicable qu'à une équation algébrique du troisième degré, celle de Sarrau est applicable à une équation quelconque, algébrique ou transcendante, et même à un réseau expérimental d'isothermes, représenté graphiquement, et dont on ignore l'équation.

Dans une Communication faite à l'Académie des Sciences d'Amsterdam, le 25 septembre 1880, Van der Waals montra qu'en exprimant les trois variables, pression, volume, température, en prenant pour unités les valeurs qu'elles ont au point critique (variables réduites p, v, T), son équation aux propriétés des fluides aux basses températures, et notamment à leurs

---

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 377.

prend la forme réduite commune à tous les fluides

$$\left(p + \frac{3}{\varphi^2}\right)\left(\varphi - \frac{1}{3}\right) = \frac{8}{3}\,\tau \tag{1}$$

qui entraîne l'identité des formules réduites de compression et de dilatation des divers fluides; il cita un certain nombre d'exemples numériques à l'appui de cette identité.

Postérieurement, se plaçant *au point de vue théorique*, Meslin (1) montra que la faculté de donner une équation réduite indépendante de la nature des corps, n'est pas spéciale à l'équation de Van der Waals, comme il semblait résulter de la démonstration de celui-ci, mais qu'elle se ramène à une *question d'homogénéité* et peut se retrouver avec une infinité d'autres équations.

Des considérations d'homogénéité analogues ont été indiquées par Pierre Curie (2). Il remarqua qu'on peut concevoir sur un réseau d'isothermes une infinité de points, dont les coordonnées soient susceptibles de remplacer celles du point critique et de fournir des équations réduites. Mais il ne précisa l'existence d'aucun de ces points.

En discutant le problème de la variation d'énergie des fluides j'ai découvert plus tard, par voie graphique, sur les réseaux d'Amagat, trois de ces points jouissant de propriétés énergétiques remarquables, et j'ai fixé leur position expérimentale (3).

J'ai montré, de plus, que ces points sont prévus qualitativement, mais non quantitativement, par la formule de Van der Waals, pour laquelle ils donnent les équations réduites

$$\left(\mathcal{P} + \frac{1}{2\mathcal{V}^2}\right)\left(\mathcal{V} - \frac{1}{4}\right) = \frac{9}{8}\,\mathcal{T}, \tag{2}$$

$$\left(\mathrm{P} + \frac{1}{\mathrm{V}^2}\right)\left(\mathrm{V} - \frac{1}{2}\right) = \mathrm{T}, \tag{3}$$

$$\left(\mathfrak{p} + \frac{1}{3\mathrm{V}^2}\right)\left(\mathfrak{v} - \frac{1}{3}\right) = \frac{8}{9}\,\mathfrak{T}. \tag{4}$$

Des quatre équations réduites données plus haut, il en est une qui est

---

(1) *Comptes rendus*, t. 116, 1893, p. 135.

(2) *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*, t. 26, 1891.

(3) *Archives néerlandaises* 2e série, t. 5, 1900, p. 417-446 (Novijubilaen du Dr Lorentz). — *Sur les thermomètres à gaz* (*Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures*, t. 13, 1902). — *Recueil de constantes*, publié par la Société de Physique.

particulièrement simple : c'est la troisième, dans laquelle deux des coefficients numériques sont égaux à l'unité. Non seulement ces coefficients sont plus simples que ceux de l'équation réduite (1) rapportée au point critique, mais encore ils paraissent exactement vérifiés par l'expérience, ce qui n'est pas le cas pour les coefficients de (1).

L'importance théorique du point (3) ressort du fait que, sur l'isotherme de ce point, la variation d'énergie interne (évaluée en coordonnées réduites) entre l'état gazeux parfait et ce point est égale à l'unité ainsi que la variation d'énergie totale. Il y aurait donc des avantages certains à prendre pour unités naturelles de volume, de pression et de température les coordonnées de ce point (3) plutôt que celles du point critique. Malheureusement, il se trouve dans la région des fortes pressions qui a été rarement atteinte par d'autres observateurs qu'Amagat, tandis que le point critique est facile à déterminer avec les appareils courants des laboratoires.

Au point de vue *expérimental*, la loi des états correspondants a donné lieu depuis quarante ans à des vérifications approfondies. Il convient de citer en première ligne les magistrales recherches où Sydney Young compara à des températures et des pressions correspondantes les propriétés de nombreux corps organiques ([1]). Il constata que la vérification n'est à peu près satisfaisante que pour les corps de points critiques voisins. Il fit voir qu'en dehors même des corps dits *associés* (eau et alcools) qui présentent d'énormes écarts, la loi des états correspondants n'est exactement suivie par aucun des fluides étudiés. En particulier, il mit en lumière l'importance du coefficient critique $K = \frac{RT_c}{p_c v_c}$ (rapport du volume théorique du fluide à son volume réel au point critique) et montra qu'il était d'autant plus petit que la température critique du corps était plus basse et que la molécule était plus simple; au lieu de la valeur unique 2,667 prévue par l'équation de Van der Waals, il indiqua des valeurs beaucoup plus hautes, mais variables d'un corps à l'autre, telles que :

	Propionate d'éthyle.	Heptane.	Hexane.	Benzène bromé.	Benzène chloré.	Benzène.	Pentane.	Isopentane.
T_c...	545°,9	539°,9	507°,8	670°,0	633°,0	561°,5	470°,2	460°,8
K....	3,912	3,855	3,829	3,799	3,777	3,750	3,763	3,732

Plus récemment, Kamerlingh Onnes et ses collaborateurs ont consacré

([1]) *Philosophical Magazine*, (V), t. 33, 1892, p. 153; t. 34, 1892, p. 506; t. 50, 1900, p. 291. — *Proceedings Royal Dublin Society*, t. 12, n° 31, 1910.

écarts à la loi des états correspondants, plus de 150 Mémoires qui épuisent la question. Il en résulte en particulier que le coefficient critique continue à décroître avec la température critique :

	Anhydride carbonique.	Azote.	Oxygène.	Argon.	Hydrogène.	Hélium.
T_c....	304°,0	125°,96	154°,29	150°,65	33°,18	4°,99
K.....	3,610	3,421	3,419	3,424	3,276	2,68

M. Bochet se demande si les courbes réduites de tensions de vapeur coïncident et indique qu'il vient de calculer un exemple numérique relatif à l'eau et à l'anhydride carbonique défavorable à cette thèse.

Le cas des tensions de vapeur est très connu, car c'est un de ceux que Van der Waals a examinés dans son premier Mémoire. Il a montré que l'on a approximativement

$$\log \pi = \alpha(\tau - 1),$$

π étant l'inverse de la tension réduite, τ l'inverse de la température réduite, et α un coefficient qui serait le même pour tous les corps si la loi des états correspondants était exacte. Voici les nombres qui résultent des mesures de divers observateurs :

	Alcool éthylique.	Alcool propylique.	Eau.	Éther.	Benzène fluoré.
α........	4,0	3,5	3,3	3,1	3,0
	Sulfure de carbone.	**Oxygène.**	**Krypton.**	**Argon.**	**Hydrogène.**
α........	2,6	2,5	2,3	2,2	1,8

Il résulte de là que — laissant même de côté les corps associés (alcools et eau) qui sont, comme toujours, les plus anormaux — α n'est pas constant, mais prend les valeurs les plus faibles pour les fluides à faible point critique et à structure moléculaire simple.

On trouvera les nombres précédents ou les diagrammes qui les représentent dans les traités classiques les plus répandus, comme ceux de Van der Waals, de Moritz Travers et de Walther Nernst.

M. Mathias qui, depuis 30 ans, a publié sur la loi des états correspondants des études devenues classiques, a mis en lumière d'autres variations analogues. On sait que ce physicien a découvert en 1886 la forme parabolique de la courbe des densités des fluides saturés (liquide et vapeur) et l'importante loi du diamètre rectiligne (1).

(1) *Comptes rendus*, t. 102, 1886, p. 1202. — Cf. MATHIAS. *Le point critique des corps purs*, 1 vol., 1904.

Les déviations soit des diamètres, soit des courbes des densités par rapport à la loi des états correspondants, sont mesurées exactement par une variable unique, le coefficient angulaire réduit a du diamètre. Or, dès ses premières recherches, M. Mathias constata que la valeur de a n'est pas constante comme l'exigerait la loi des états correspondants. En général, a est d'autant plus faible que la température critique du corps est plus basse et que la molécule est formée d'un plus petit nombre d'atomes.

C'est ainsi que la valeur de a pour le protoxyde d'azote, dont la température critique est 311°,8, est inférieure de plus de 30 pour 100 à celle du propionate d'éthyle, dont la température critique est 545°,9. Voici d'ailleurs quelques chiffres empruntés principalement aux mesures de Sydney Young :

	Propionate d'éthyle.	Acétate d'éthyle.	Formiate d'éthyle.	Heptane.	Hexane.
T_c........	545°,9	523°,1	508°,3	539°,9	507°,8
a.........	1,090	1,061	1,021	1,0135	0,966
	Benzène bromé.	**Benzène chloré.**	**Sulfure de carbone.**	**Pentane.**	**Isopentane.**
T_c........	670°,0	633°,0	546°,0	470°,0	460°,8
a.........	0,964	0,956	0,954	0,933	0,892
	Anhydride carbonique.	**Acétylène.**	**Protoxyde d'azote.**		
T_c........	304°,0	308°,6	311°,8		
a.........	0,858	0,854	0,828		

Il y avait donc lieu d'étudier les gaz dont le point critique se rapproche du zéro absolu et de voir si a prend dans ce cas des valeurs inférieures à celles du Tableau précédent. C'est ce qu'a fait, en ces dernières années, M. Mathias, en collaboration avec M. Kamerlingh Onnes, au Laboratoire de Leyde.

Voici les nombres trouvés :

	Oxygène.	Azote.	Argon.	Néon.	Hydrogène.	Hélium.
T_c.....	154°,29	125°,96	150°,65	44°,74	33°,18	4°,99
a......	0,8129	0,7930	0,7446	0,634	0,421	0,25

Il résulte de là que les basses valeurs de a correspondent aux basses valeurs de T_c.

M. Bochet annonce comme un résultat digne d'être mentionné, qu'ayant comparé la courbe parabolique des densités de M. Mathias pour l'eau et l'anhydride carbonique, il a trouvé que la seconde est intérieure à la première.

La question est traitée d'une manière complète dans le grand Mémoire [1] que M. Mathias a publié en 1922 dans le livre jubilaire dédié au professeur Kamerlingh Onnes et consacré aux travaux du Laboratoire de Leyde. On y trouvera les chiffres exacts relatifs à 40 corps dont les températures critiques varient de 545°,9 (propionate d'éthyle) à 4°,99 (hélium). Comme le montrent le tableau de la page 192 et le diagramme de la page 195 il n'existe pas deux corps dont les paraboles se confondent. Au lieu de la parabole unique exigée par la loi des états correspondants, M. Mathias a trouvé une série de paraboles s'emboîtant les unes dans les autres sans se couper, l'hélium qui a la plus petite valeur de a étant à l'intérieur et le propionate d'éthyle qui a la plus grande valeur de a étant à l'extérieur.

En résumé, dans le domaine de la physique, il est peu de problèmes qui aient été élucidés d'une manière aussi approfondie que celui de la validité de la loi des états correspondants, et il semble quelque peu oiseux de chercher aujourd'hui (et surtout par des calculs exécutés sur l'eau qui est le plus anormal de tous les corps) à reprendre une question qui a été définitivement tranchée par un ensemble d'expériences parfaitement concordantes dont les premières et non les moindres remontent à un tiers de siècle.

NOMINATIONS.

M. **Jean Perrin** est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration du buste de *Philippe-A. Guye* qui aura lieu à l'Université de Genève, le jeudi 13 mai 1924.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Déterminants tensoriels et la géométrie des tenseurs.* Note [2] de M. **Paul Dienes.**

1. Bien que, dans sa théorie de la relativité générale, M. Einstein se serve de la conception riemannienne de l'espace, la géométrie rieman-

---

(1) *La courbe des densités à basse température au Laboratoire cryogène de Leyde*, p. 165-196.

(2) Séance du 11 février 1924.

nienne est peu développée. Il en est de même des considérations géométriques plus générales inaugurées par M. H. Weyl. L'une des difficultés est le manque d'un symbolisme simple pour désigner les figures d'un espace à n dimensions. Dans cette Note, nous voulons attirer l'attention sur un symbolisme qui permet d'exprimer les relations entre les multiplans tensoriels d'une façon bien complète et relativement simple.

Soient donnés r tenseurs $\overset{(i)}{A}$, par exemple $\overset{(i)}{A}{}^k e_k$, et convenons de développer le déterminant symbolique

$$(1) \qquad \left(\overset{(1)}{A}, \overset{(2)}{A}, \ldots, \overset{(r)}{A}\right) \equiv \begin{vmatrix} \overset{(1)}{A} & \ldots & \overset{(2)}{A} \\ .. & \ldots & .. \\ \overset{(r)}{A} & \ldots & \overset{(r)}{A} \end{vmatrix},$$

de même que ses mineurs, par rapport à la première colonne, en ayant soin de ne pas changer l'ordre des facteurs. Grâce à cette convention, le déterminant représente un tenseur bien déterminé. On a, par exemple,

$$(A, B) = AB - BA.$$

Les propriétés élémentaires de ces déterminants sont semblables à celles des déterminants ordinaires.

2. Soit donné le r-plan P des tenseurs $\lambda_1 \overset{(i)}{A} + \lambda_2 \overset{(i)}{A} + \ldots + \lambda_r \overset{(r)}{A}$.

Théorème. — *Tous les tenseurs de* P *satisfont à l'équation*

$$\left(\overset{(1)}{A}, \ldots, \overset{(r)}{A}, X\right) = 0$$

et, inversement, toute solution de cette équation appartient à P.

Les équations

$$\left(\overset{(1)}{A}, \ldots, \overset{(r)}{A}, X\right) = 0 \quad et \quad \left(\overset{(1)}{A}, \ldots, \overset{(r-1)}{A}, X\right) = \lambda\left(\overset{(1)}{A}, \ldots, \overset{(r)}{A}\right), \qquad \lambda \neq 0$$

sont équivalentes.

D'après les idées de C. Jordan [1], les relations angulaires d'un r-plan et d'un s-plan des tenseurs de rang un sont déterminées par les limites de l'expression $\sin^2\left(\lambda_1 \overset{(1)}{A} + \ldots + \lambda_r \overset{(r)}{A},\ \mu_1 \overset{(1)}{B} + \ldots + \mu_s \overset{(s)}{B}\right)$ considérée comme fonction des λ et μ. Par exemple, *l'angle* α *de* B *et du r-plan* P *est égal à l'angle de* B *et du tenseur*

$$\sum_{i=1}^{r} \left|\overset{(i)}{A}\,\overset{(i)}{A}\right| \left|\overset{(i)}{A} B\right| \overset{(i)}{A}$$

(1) C. Jordan, *Essai sur la géométrie à n dimensions* (*Bull. Soc. math. de France*, t. 3, 1875, p. 103).

de P. Plus généralement, définissons l'angle α de deux tenseurs quelconques A, B de rang m par l'équation

$$(2) \qquad \sin^2\alpha = \frac{|AA|\,|BB| - |AB|^2}{|AA|\,|BB|},$$

où l'on a par exemple

$$(3) \qquad |AB| = A^{i_1, i_2, \ldots, i_m} B^{k_1, k_2, \ldots, k_m} g_{i_1, k_1} g_{i_2, k_2} \ldots g_{i_m, k_m}.$$

Théorème. — *L'unique angle α des deux r-plans*

$$\lambda_1 \overset{(1)}{A} + \ldots + \lambda_r \overset{(r)}{A} \quad et \quad B + \mu_2 \overset{(2)}{A} + \ldots + \mu_r \overset{(r)}{A}$$

est égal à l'angle des tenseurs $P = \left(\overset{(1)}{A}, \ldots, \overset{(r)}{A}\right)$ *et* $Q = \left(\overset{(2)}{B}, A, \ldots, \overset{(r)}{A}\right)$ *et l'on a*

$$(4) \qquad \sin^2\alpha = \frac{D_{r-1}\, D_{r+1}}{D_r\, D'_r}$$

avec

$$D_r = \begin{vmatrix} \left|\overset{(1)}{A}\ \overset{(1)}{A}\right| & \ldots & \left|\overset{(1)}{A}\ \overset{(r)}{A}\right| \\ \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots \\ \left|\overset{(r)}{A}\ \overset{(1)}{A}\right| & \ldots & \left|\overset{(r)}{A}\ \overset{(r)}{A}\right| \end{vmatrix} \quad et \quad D'_r = \begin{vmatrix} \left|\overset{(1)}{A}\ \overset{(1)}{A}\right| & \ldots & \left|\overset{(1)}{A}\ \overset{(r-1)}{A}\right| & \left|\overset{(1)}{A}\ B\right| \\ \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots \\ \left|\overset{(r-1)}{A}\ \overset{(1)}{A}\right| & \ldots & \left|\overset{(r-1)}{A}\ \overset{(r-1)}{A}\right| & \left|\overset{(r-1)}{A}\ B\right| \\ \left|B\ \overset{(1)}{A}\right| & \ldots & \left|B\ \overset{(r-1)}{A}\right| & \left|B\ B\right| \end{vmatrix}.$$

Transportons les tenseurs $A^{(i)}$ de t_0 à t le long d'une courbe donnée C et soit

$$\sum_{i=1}^{r} \lambda_i \overset{(i)}{A}(C;\, t_0 \between t)$$

le plan ainsi transporté. On a

$$\left(\overset{(1)}{A}(C;\, t_0 \between t), \ldots, \overset{(r)}{A}(C;\, t_0 \between t)\right) = \left(\overset{(1)}{A}(t_0), \ldots, \overset{(r)}{A}(t_0)\right)(C;\, t_0 \between t),$$

ce qui montre que *le déterminant tensoriel représente le r-plan même dans une translation.*

3. Une application importante est la détermination *géométrique* des courbures successives d'une ligne tensorielle, ~~c'est~~-à-dire d'une famille de tenseurs $A(t)$ distribuée le long d'une courbe donnée C.

Transportons le tenseur $A(t_0 + \Delta t)$ à t_0 et calculons, par (2), l'angle α des deux tenseurs $A(t_0)$ et $A(t_0 + \Delta t)(t_0)$. Nous appellerons *première courbure* de la ligne tensorielle la limite

$$\gamma_1 = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\alpha}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\sin\alpha}{\Delta t}.$$

Désignons $\frac{D^i A}{Dt^i}$ par $\overset{[i]}{A}$. On voit par la formule (8) de notre Note citée que la direction-limite du tenseur $\frac{A(t_0)-A(t_0+\Delta t)(t_0)}{\Delta t}$ est celle du tenseur $\overset{[1]}{A}(t_0)$, de sorte que $\underset{(2)}{P}=\left(A, \overset{[1]}{A}\right)$ est le *biplan osculateur* de la ligne tensorielle. Définissons maintenant la *deuxième courbure* par la limite

$$\gamma_2=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\sin\left[\underset{(2)}{P}(t_0+\Delta t)(t_0);\underset{(2)}{P}(t_0)\right]}{\Delta t}.$$

On voit de nouveau que $\underset{(3)}{P}=\left(A, \overset{[1]}{A}, \overset{[2]}{A}\right)$ est le *triplan osculateur*. Et ainsi de suite. Mais la loi de la dérivation des déterminants montre que les tenseurs $A, \overset{[1]}{A}, \ldots, \overset{[r-2]}{A}$ sont communs à $\underset{(r)}{P}(t_0)$ et à $\underset{(r)}{\overset{[1]}{P}}(t_0)$, de sorte que nous pourrons nous servir de la formule (4), ce qui, tous calculs faits, nous donne :

THÉORÈME :

$$\gamma_r^2=\frac{D_{r-1}D_{r+1}}{D_r^2}$$

ou

$$D_r=\begin{vmatrix} |AA|, & |A\overset{[1]}{A}|, & \ldots, & |A\overset{[r-1]}{A}| \\ \ldots\ldots, & \ldots\ldots, & \ldots, & \ldots\ldots, \\ |\overset{[r-1]}{A}A|, & |\overset{[r-1]}{A}\overset{[1]}{A}|, & \ldots, & |\overset{[r-1]}{A}\overset{[r-1]}{A}| \end{vmatrix}.$$

Si nous posons $A^k=\frac{dx^k}{dt}$, nous obtenons *les courbures successives de la courbe* C *elle-même définies d'une façon purement géométrique par la translation à la Levi-Cività*. Nous remarquons que les paramètres métriques $g_{i,k}$ peuvent être pris indépendamment des paramètres cinétiques $f^i_{0\alpha}$, $f^{0\alpha}_i$ des dérivées tensorielles et l'on ne suppose pas que la forme quadratique fondamentale soit positive (ou négative) définie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Intégration, par approximations successives, les équations aux dérivées partielles.* Note de M. **H. Germay**.

1. Soit l'équation

(1) $$p_1-f(x_1, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n)=0.$$

Soit à déterminer son intégrale (¹) se réduisant à $\chi(x_2, \ldots, x_n)$ pour $x_1 = x_1^0$.

Employons la méthode des caractéristiques. Il faut intégrer le système différentiel

$$(2) \quad \frac{dx_i}{dx_1} = -\frac{\partial f}{\partial p_i}, \quad \frac{dz}{dx_1} = f - \sum_{k=2}^{k=n} p_k \frac{\partial f}{\partial p_k}, \quad \frac{dp_i}{dx_1} = \frac{\partial f}{\partial x_i} + p_i \frac{\partial f}{\partial z} \quad (i = 2, \ldots, n).$$

Soient $x\bar{i}_\infty(x_1, x_1^0, x_2^0, \ldots, p_n^0)$, z_∞, $p\bar{i}_\infty$ les intégrales de (2). Posons

$$(3) \quad X\bar{i}_\infty(x_1, t_1, \ldots, t_{n-1}) = x\bar{i}_\infty\left[x_1, x_1^0, t_1, \ldots, t_{n-1}, \chi(t_1, \ldots, t_{n-1}), \frac{\partial \chi}{\partial t_1}, \ldots, \frac{\partial \chi}{\partial t_{n-1}}\right],$$

et définissons de même Z_∞, $P\bar{i}_\infty$. Il reste à éliminer les t entre les équations

$$(4) \quad X\bar{i}_\infty(x_1, t_1, \ldots, t_{n-1}) - x_i = 0; \qquad (5) \quad z = Z_\infty(x_1, t_1, \ldots, t_{n-1}).$$

Les équations (4) définissent les t comme fonctions implicites des x, car elles sont vérifiées pour les valeurs initiales

$$x_1 = x_1^0, \quad x_2, \quad \ldots, \quad x_n, \qquad t_1 = x_2, \quad \ldots, \quad t_{n-1} = x_n,$$

leurs premiers membres sont analytiques et leur jacobien, par rapport aux t, prend en $x_1 = x_1^0$ la valeur 1. On remplace les t par ces fonctions dans l'expression (5) de z. Intégrons le système (2) par la méthode des approximations successives de M. Picard; $x\bar{i}_\infty$, z_∞, $p\bar{i}_\infty$ sont les limites pour $\mu \to \infty$ de suites uniformément convergentes dont les termes se définissent de proche en proche par les formules récurrentes

$$(6) \quad \begin{cases} x\bar{i}_{\mu+1} = x\bar{i}_0 - \displaystyle\int_{x_1^0}^{x_1} \left[\frac{\partial f}{\partial p_i}\right]_{\substack{x_r = x\bar{r}_\mu \\ z = z_\mu \\ p_r = p\bar{r}_\mu}} dx_1, \\ z_{\mu+1} = z_0 + \displaystyle\int_{x_1^0}^{x_1} \left[f - \sum_{k=2}^{k=n} p_k \frac{\partial f}{\partial p_k}\right]_{\substack{x_r = x\bar{r}_\mu \\ z = z_\mu \\ p_r = p\bar{r}_\mu}} dx_1 \qquad (i, r = 2, \ldots, n), \\ p\bar{i}_{\mu+1} = p\bar{i}_0 + \displaystyle\int_{x_1^0}^{x_1} \left[\frac{\partial f}{\partial x_i} + p_i \frac{\partial f}{\partial z}\right]_{\substack{x_r = x\bar{r}_\mu \\ z = z_\mu \\ p_r = p\bar{r}_\mu}} dx_1, \end{cases}$$

moyennant les valeurs initiales $x\bar{i}_0 = x_i^0$, $z_0 = z^0$, $p\bar{i}_0 = p_i^0$. Posons

$$(7) \quad X\bar{i}_{\mu+1}(x_1, t_1, \ldots, t_{n-1}) = x\bar{i}_{\mu+1}\left[x_1, x_1^0, t_1, \ldots, t_{n-1}, \chi(t_1, \ldots, t_{n-1}), \frac{\partial \chi}{\partial t_1}, \ldots, \frac{\partial \chi}{\partial t_{n-1}}\right].$$

(¹) Il ne s'agit ici que des intégrales de Cauchy; toutes les fonctions sont supposées analytiques.

et définissons de même $Z_{\mu+1}$, $P\bar{i}_{\mu+1}$. Les solutions $t_1 = \theta\bar{2}_\infty(x_1, \ldots, x_n)$, $\ldots$, $t_{n-1} = \theta\bar{n}_\infty$ des équations (4) sont les limites, pour $\mu \to \infty$, de suites uniformément convergentes dont les termes se définissent de proche en proche par les formules récurrentes

$$(8) \qquad \theta\bar{i}_{\mu+1} = \theta\bar{i}_\mu - X\bar{i}_{\mu+1}(x_1, \theta\bar{2}_\mu, \ldots, \theta\bar{n}_\mu) + x_i \qquad (i = 2, \ldots, n),$$

moyennant les valeurs initiales $\theta\bar{i}_0 = x_i$. La $(\mu+1)^{\text{ième}}$ approximation de l'intégrale est

$$(9) \qquad \zeta_{\mu+1} = Z_{\mu+1}(x_1, \theta\bar{2}_{\mu+1}, \ldots, \theta\bar{n}_{\mu+1})$$

et tend uniformément vers l'intégrale quand $\mu \to \infty$.

Les dérivées des $x\bar{i}_{\mu+1}$, $z_{\mu+1}$, $p\bar{i}_{\mu+1}$ par rapport à x_1 et à x_2^0, $\ldots$, p_n^0 considérés comme paramètres, forment des suites uniformément convergentes en x_1, x_2^0, $\ldots$, p_n^0 dont les limites sont les dérivées correspondantes des $x\bar{i}_\infty$, z_∞, $p\bar{i}_\infty$. Elles se calculent de proche en proche par les formules (6) auxquelles on applique pour x_2^0, $\ldots$, p_n^0 la règle de Leibniz. On a, par récurrence, les dérivées des $X\bar{i}_{\mu+1}$, $Z_{\mu+1}$ par rapport aux t, puis celles des $\theta\bar{i}_{\mu+1}$ et enfin de $\zeta_{\mu+1}$ par rapport aux x. Les dérivées d'ordre quelconque de $\zeta_{\mu+1}$ convergent uniformément vers les dérivées correspondantes de l'intégrale.

Si les fonctions f et χ sont limites de suites uniformément convergentes, on remplace dans les formules (6), (7) et suivantes, les notations f, χ par $f_{\mu+1}$, $\chi_{\mu+1}$.

2. Soit l'équation

$$(10) \qquad F(x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_1, p_2, \ldots, p_n) = 0.$$

On suppose que, pour un système de valeurs x_1^0, $x_2'^0$, $\ldots$, $p_1'^0$, $\ldots$, $p_n'^0$, on a

$$(F)_0 = 0, \qquad \frac{1}{\Delta_0} = \left(\frac{\partial F}{\partial p_1}\right)_0 \neq 0.$$

L'équation (10) est équivalente à

$$p_1 - f_\infty(x_1, \ldots, x_n; z, p_2, \ldots, p_n) = 0;$$

f_∞ est la limite d'une suite uniformément convergente dont les termes se définissent de proche en proche par la formule récurrente

$$(11) \qquad f_{\mu+1} = f_\mu - \Delta_0[F]_{p_1 = f_\mu}, \qquad f_0 = p_1'^0.$$

3. Les considérations précédentes s'appliquent à l'équation linéaire, aux systèmes complets et aux systèmes en involution (premier ordre).

4. Soit le système

$$(12)\quad p\overline{j}_1 = f_j(x_1, \ldots, x_n, z_1, \ldots, z_k; p\overline{1}_2, \ldots, p\overline{1}_n; \ldots; p\overline{k}_2, \ldots, p\overline{k}_n) \quad (j = 1, \ldots, k).$$

Soit à déterminer ses intégrales se réduisant respectivement à

$$\chi_j(x_2, \ldots, x_n) \quad (j = 1, \ldots, k) \qquad \text{pour} \qquad x_1 = x_1^0.$$

Posons $\chi_j = Z\overline{j}_0$; écrivons les équations

$$(13_j)\quad p\overline{j}_1 = f_j\Big(x_1, \ldots, x_n, Z\overline{1}_0, \ldots, Z\overline{j-1}_0, z_j, Z\overline{j+1}_0, \ldots, Z\overline{k}_0; \frac{\partial Z\overline{1}_0}{\partial x_2}, \ldots; \ldots; \frac{\partial Z\overline{j-1}_0}{\partial x_n}; p\overline{j}_2, \ldots, p\overline{j}_n; \frac{\partial Z\overline{j+1}_0}{\partial x_2}, \ldots; \ldots; \frac{\partial Z\overline{k}_0}{\partial x_n}\Big).$$

Soit $Z\overline{j}_1$ l'intégrale de (13_j), telle que

$$Z\overline{j}_1(x_1^0, x_2, \ldots, x_n) = \chi_j(x_2, \ldots, x_n).$$

Calculons les dérivées des $Z\overline{j}_1$ et opérons avec les $Z\overline{j}_1$ comme nous l'avons fait avec les $Z\overline{j}_0$. En continuant, nous définissons des suites

$$(14)\qquad Z\overline{j}_0,\ Z\overline{j}_1,\ \ldots,\ Z\overline{j}_\mu,\ Z\overline{j}_{\mu+1},\ \ldots \qquad (j = 1, \ldots, k)$$

uniformément convergentes, dont les limites sont les intégrales cherchées. La méthode s'applique encore quand les fonctions f et χ sont limites de suites uniformément convergentes. Elle est valable aussi pour les systèmes de forme non résolue

$$(15)\quad F_j(x_1, \ldots, x_n; z_1, \ldots, z_k; p\overline{1}_1, p\overline{1}_2, \ldots, p\overline{1}_n; \ldots; p\overline{k}_1, p\overline{k}_2, \ldots, p\overline{k}_n) = 0 \quad (j = 1, \ldots, k),$$

susceptibles de se ramener à la forme (12) par le théorème des fonctions implicites.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions définies par des séries de Dirichlet.* Note de M. **Soula**, présentée par M. Hadamard.

1. Je me suis proposé de chercher dans quelle mesure on peut étendre aux séries de Dirichlet $f(s) = \Sigma a_n e^{-\lambda_n s}$ les résultats connus de la recherche des points singuliers des séries de Taylor. Certaines généralisations des

propriétés des séries de Taylor sont bien connues ([1]); on peut en obtenir d'autres par l'emploi des méthodes directes de M. Hadamard ([2]); je voudrais surtout signaler une proposition obtenue par d'autres procédés.

Je compare les fonctions

$$f(s) = \Sigma a_n e^{-\lambda_n s} \quad \text{et} \quad \varphi(s) = \Sigma a_n G(\lambda_n) e^{-\lambda_n s},$$

en supposant que $G(v)$ est une fonction de la variable $v = re^{i\theta}$ holomorphe dans le domaine défini par

$$-\alpha_2 \leqq \theta \leqq \alpha_1, \qquad r_1 \leqq r_0, \qquad 0 < \alpha_1 < \frac{\pi}{2}; \qquad 0 < \alpha_2 < \frac{\pi}{2};$$

est telle que $|G(v)| e^{-\varepsilon r}$ est borné pour si petit que soit ε. Si $f(s)$ est régulière en un point de sa droite de convergence, $\varphi(s)$ l'est aussi.

La proposition correspondante de la théorie des séries de Taylor serait une combinaison du théorème de M. Hadamard sur la multiplication des singularités et d'un théorème dû, sous sa forme générale, à M. Fabry.

On peut obtenir plus de précision que n'en donne l'énoncé précédent; si, par exemple, $f(s)$ n'a dans tout le plan que le point singulier s_0 que je suppose situé sur la droite de convergence de cette série, la fonction $\varphi(s)$ est holomorphe dans le domaine défini par

$$-\frac{\pi}{2} - \alpha_1 < \text{argument } (s - s_0) < \frac{\pi}{2} + \alpha_2.$$

J'emploie, pour la démonstration, la méthode que j'ai indiquée à propos des séries de Taylor ([3]).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'accélération des ondes de choc dans les gaz parfaits.* Note de M. **Maurice Roy**, présentée par M. L. Lecornu.

Une onde de choc Σ se propage d'un milieu 2 dans un milieu 1 supposé immobile et en équilibre.

Soient ν la normale à Σ dirigée vers le milieu 1, $\frac{d\nu}{dt}$ la vitesse normale de l'onde, D_1 sa célérité dans le milieu 1, D_2 sa célérité dans le milieu 2, V_2 la vitesse du fluide sur l'onde du côté du milieu 2. Toutes ces grandeurs sont supposées mesurées suivant la normale ν.

([1]) Cahen, *Annales de l'École Normale*, 3e série, t. 11, Chap. 1, 1894.

([2]) Hadamard, *La série de Taylor* (*Collection Scientia*, Chap. 3).

([3]) *Journal de Math.*, t. 4, 1921, p. 121.

On appellera « accélération normale » de l'onde de choc la limite du rapport de la variation de la vitesse normale $\frac{d\nu}{dt}$ suivant la normale ν à l'intervalle de temps correspondant. Affectant le symbole $\frac{\partial}{\partial t}$ à la dérivation ainsi définie, cette accélération a pour valeur

$$\frac{\partial\left(\frac{d\nu}{d}\right)}{\partial t}=\frac{\partial D_1}{\partial t}, \tag{1}$$

puisque, le milieu 1 étant immobile, on a

$$\frac{d\nu}{dt}=D_1. \tag{2}$$

Les équations de l'onde de choc dans le cas des gaz parfaits donnent, en projetant sur la normale ν et se rappelant que, la discontinuité propagée étant normale, la vitesse V_2 est normale à Σ,

$$\frac{D_1}{\sigma_1}V_2=p_2-p_1, \tag{3}$$

$$\left(\frac{D_1}{\sigma_1}\right)^2=\frac{p_2-p_1}{\sigma_1-\sigma_2}, \tag{4}$$

$$\frac{p_2}{p_1}=\frac{(\gamma+1)\sigma_1-(\gamma-1)\sigma_2}{(\gamma+1)\sigma_2-(\gamma-1)\sigma_1}, \tag{5}$$

les p_i et σ_i désignant les pression et volume spécifique dans le milieu d'indice i.

En éliminant σ_2 entre (4) et (5) et effectuant la dérivation $\frac{\partial}{\partial t}$, on obtient

$$\frac{4}{\sigma_1}D_1\frac{\partial D_1}{\partial t}=(\gamma+1)\frac{\partial p_2}{\partial t}. \tag{6}$$

La célérité D_1 étant positive, puisque Σ se propage dans le milieu 1, l'accélération normale de l'onde a même signe que la dérivée $\frac{\partial p_2}{\partial t}$.

La dérivation $\frac{\partial}{\partial t}$ effectuée sur l'équation (3) donne

$$\left[\frac{4D_1}{V_2}-(\gamma+1)\right]\frac{\partial p_2}{\partial t}=\frac{4D_1(p_2-p_1)}{V_2^2}\frac{\partial V_2}{\partial t}. \tag{7}$$

Cette dérivation peut se remplacer, pour les points de Σ, par l'opération

$$\frac{d}{dt}+D_2\frac{\partial}{\partial\nu},$$

$\frac{d}{dt}$ désignant la dérivation effectuée en suivant une molécule dans le mouvement 2.

L'équation (7) peut ainsi s'écrire

$$\left[\frac{4D_1}{V_2}-(\gamma+1)\right]\frac{\delta p_2}{\delta t}=\frac{4D_1(p_2-p_1)}{V_2^2}\left[\frac{dV_2}{dt}+D_2\frac{\partial V_2}{\partial \nu}\right]. \tag{8}$$

Les équations de l'hydrodynamique donnent, pour le mouvement 2,

$$\frac{\partial p_2}{\partial \nu}=-\frac{1}{\sigma_2}\frac{dV_2}{dt}, \tag{9}$$

et l'équation de continuité

$$\frac{d\sigma_2}{dt}=\sigma_2\left(\frac{\partial V_2}{\partial \nu}+kV_2\right), \tag{10}$$

k désignant la somme des courbures de deux sections normales rectangulaires de Σ, ou la « courbure de l'onde » au point considéré. On convient, dans l'évaluation de k, de compter positivement ou négativement un rayon de courbure suivant que le centre correspondant est sur la partie négative ou la partie positive de l'axe ν. Ainsi, une onde « convexe vers le milieu 1 » est à courbure positive.

L'expression de l'accélération normale de Σ devient, en tenant compte des équations (6), (8), (9) et (10),

$$\frac{\delta D_1}{\delta t}\frac{4D_1}{\sigma_1(\gamma+1)}\left[4-\frac{(\gamma+1)V_2}{2D_1}\right]=\frac{2}{\sigma_2^2}\frac{d\sigma_2}{dt}\left[D_2^2\left(1-\frac{k\sigma_2V_2}{\frac{d\sigma_2}{dt}}\right)+\frac{\sigma_2^2\frac{dp_2}{dt}}{\frac{d\sigma_2}{dt}}\right]. \tag{11}$$

En supposant que le mouvement 2 est adiabatique, on peut poser

$$\sigma_2^2\frac{dp_2}{dt}=-E_2^2\frac{d\sigma_2}{dt},$$

E_2 désignant la vitesse de propagation des ondes d'accélération dans le mouvement 2.

On peut donc écrire

$$\frac{\delta D_1}{\delta t}\frac{4D_1}{\sigma_1(\gamma+1)}\left[4-\frac{(\gamma+1)V_2}{2D_1}\right]=\frac{2}{\sigma_2^2}\frac{d\sigma_2}{dt}\left[D_2^2\left(1-\frac{k\sigma_2V_2}{\frac{d\sigma_2}{dt}}\right)-E_2^2\right]. \tag{12}$$

L'onde de choc étant nécessairement comprimée, on reconnaît aisément

que, dans la relation précédente, le coefficient de $\frac{\partial D_1}{\partial t}$ est positif et que D_2 est inférieure à E_2.

L'expression obtenue pour l'accélération normale peut être considérée comme l'extension aux ondes de forme quelconque dans les gaz parfaits de la formule donnée par M. E. Jouguet pour l'accélération des ondes sphériques ([1]). Dans ce qui précède, nous nous sommes limité, pour simplifier, aux ondes de choc simples et au cas des gaz parfaits, mais il serait aisé de supprimer ces restrictions.

L'équation (12) permet d'énoncer les résultats suivants :

1° Si, à l'arrière d'une onde de choc à courbure positive et en particulier convexe vers le fluide en repos dans lequel elle se propage, le fluide ébranlé se dilate, l'onde se ralentit (son accélération normale est négative).

2° Si, à l'arrière d'une onde de choc à courbure négative et en particulier concave vers le fluide en repos dans lequel elle se propage, le fluide ébranlé se comprime, l'onde s'accélère.

On peut également remarquer que, dans le mouvement permanent d'un projectile avec onde de choc, si le sommet de celle-ci est convexe vers le fluide non ébranlé, il ne peut y avoir immédiatement dilatation du fluide ébranlé à l'arrière du sommet de l'onde.

ASTRONOMIE. — *Équilibre adiabatique d'un astre gazeux.* Note de M. **A. Véronnet**, présentée par M. B. Baillaud.

Dans le cas de l'équilibre isothermique, à température uniforme, la loi des gaz réels montre que la courbe des densités a un point d'inflexion, quand la densité atteint le tiers de la densité limite du gaz, ce qui a lieu pour une pression de 1500^{atm} environ. La densité croît alors très rapidement, atteint la densité limite et reste sensiblement constante pour les $\frac{99}{100}$ du rayon ([2]). Dans le cas de la densité uniforme, c'est la température qui varie très vite à la surface, pour rester ensuite constante ([3]), la variation maximum allant de 1 à 3 et pratiquement de 1 à 2.

L'équilibre adiabatique, compris entre ces deux cas extrêmes, est

---

([1]) E. Jouguet, *Comptes rendus*, t. 142, 1906, p. 831 et 1034; t. 144, 1907, p. 415 et 632.

([2]) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 1035; t. 166, 1918, p. 109; t. 167, 1918, p. 222.

([3]) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 398.

peut-être plus près de la réalité. L'étude de ce cas permet d'aboutir à deux formules donnant la variation de la densité et de la température avec le rayon, qui se rattachent étroitement à celles des deux cas précédents, ce qui permet de déterminer complètement ces deux variations.

En introduisant le covolume b, dans la formule des gaz parfaits, l'équation différentielle de Poisson pour l'équilibre adiabatique devient, par un calcul simple,

$$(1) \qquad \frac{dp}{p} = \frac{C}{C-c}\frac{dT}{T} + \frac{db}{v-b}.$$

Elle donne ensuite pour la relation entre la température et la densité ρ

$$(2) \qquad \frac{dT}{T} = -\frac{C-c}{c}\frac{dv}{v-b} = \frac{C-c}{c}\frac{\rho_0}{\rho_0-\rho}\frac{d\rho}{\rho}$$

où ρ_0 est la densité limite correspondant au covolume b.

On obtient finalement, pour la variation de la température et de la densité en fonction du rayon r, au moyen de la formule générale de l'accroissement de la pression $dp = -\gamma\rho\,dr$:

$$(3) \qquad \left(1 + \frac{p}{R}\frac{C-c}{C}\frac{db}{dT}\right)\frac{dT}{dr} = -\frac{\gamma\mu}{R}\frac{C-c}{C}\left(1-\frac{\rho}{\rho_0}\right),$$

$$(4) \qquad \left(1 + \frac{p}{R}\frac{C-c}{C}\frac{db}{dT}\right)\frac{d\rho}{dr} = -\frac{\gamma\mu}{RT}\frac{c}{C}\rho\left(1-\frac{\rho}{\rho_0}\right)^2,$$

db dépend uniquement de T et constitue un terme de correction, négligeable en première approximation, en tout cas positif. Le facteur de dT est donc plus grand que l'unité, et la variation de T plus grande qu'en négligeant ce terme. Enfin μ est le poids moléculaire du gaz, γ l'attraction sur la couche r.

Or la formule de variation de T dans le cas d'une densité uniforme est la même que la formule (3) où l'on a fait $c = 0$. La température variera ici de la même façon que dans ce cas extrême, mais plus lentement et tend vers une limite plus basse.

Si l'on fait $c = C$ dans (4), on obtient la formule de variation de la densité dans le cas d'une température uniforme. La densité variera donc de la même façon que dans ce cas extrême, mais aussi plus lentement et dans de moindres limites.

Si l'on différentie de nouveau cette dernière formule, en faisant $d^2 f = 0$ on trouve un point d'inflexion de la courbe des densités, quand celle-ci a atteint le cinquième environ de la densité limite du gaz, pour une pression

de 750^{atm} environ. La densité croît ici de 0,1 par kilomètre. La densité limite est très rapidement atteinte, sensiblement à une profondeur du centième du rayon à peine. *La masse à peu près entière* se trouve être pratiquement à la *même densité* et la *même température*. Comme dans les cas extrêmes déjà étudiés, de l'équilibre isothermique et de la densité constante. Il *semble donc que dans tous les cas d'équilibre il doit en être ainsi*.

De plus l'accroissement de température, d'après la formule (3) est toujours inférieur à celui du cas de la densité constante, au moins dans le rapport $\frac{C-c}{C}$, c'est-à-dire $\frac{2}{5}$ pour les molécules monoatomiques, $\frac{2}{7}$ pour les biatomiques, $\frac{1}{4}$ pour les autres. L'accroissement de température de 1 à 3, et pratiquement de 1 à 2, se réduit à être seulement de $\frac{2}{7}$ à $\frac{4}{7}$ pour les molécules biatomiques.

Dans tous les cas d'équilibre possibles, *les conditions physiques internes des étoiles ne peuvent pas s'éloigner beaucoup de celles qui sont manifestées à la surface*. On ne peut absolument pas en tout cas y introduire des températures extraordinaires, qui ne seraient pas du même ordre que celles que nous connaissons.

THERMODYNAMIQUE. — *La notion d'entropie est-elle vraiment « prodigieusement abstraite »?* Note de M. **L. Décombe**, transmise par M. Daniel Berthelot.

1. Les théories de Gibbs [1] et de Boltzmann [2] définissent l'entropie comme « le logarithme de la probabilité pour qu'un système matériel se trouve dans un état déterminé ». Le caractère mathématique très spécial de cette définition a fait dire et répéter que l'entropie est une notion prodigieusement abstraite.

On semble oublier que, si les théories probabilitaires ont donné du problème de l'entropie une solution très remarquable, qui ne va pas d'ailleurs sans de réelles difficultés [3], d'autres théories peuvent aussi conduire au même résultat : c'est ainsi que Clausius [4] pour le cas des fluides,

---

(1) *Elementary principles in statistical mechanics*, New-York, 1902.

(2) *Leçons sur la théorie des gaz*, traduction française. Seconde partie (Paris, Gauthier-Villars, 1905).

(3) Voir par exemple la Note IV de M. Brillouin, dans l'ouvrage précédent.

(4) Voir Sarrau, *Introduction à la théorie des explosifs* (Paris, Gauthier-Villars), p. 81.

Henri Poincaré [1], pour celui d'un système monocyclique, ont donné de l'entropie une interprétation correcte, d'où la notion de probabilité est totalement exclue. Mais ces tentatives isolées ne paraissent pas avoir retenu l'attention.

2. En poursuivant nos recherches dans une voie semblable nous avons été conduit à envisager l'entropie sous un jour nouveau particulièrement simple et intuitif et d'une très grande généralité, qu'on nous permettra de préciser en faisant appel à une comparaison banale, mais saisissante.

Imaginons une prairie sur laquelle soient disséminés, à de très grandes distances les uns des autres, de nombreux moutons. Nous avons affaire à des unités isolées. Un observateur élevé, un aéronaute par exemple, pourra les compter s'il n'en est pas trop éloigné. S'il est trop loin ou trop haut, rien ne pourra lui permettre d'en soupçonner la présence. Dans l'un et l'autre cas, *la notion de troupeau n'existe pas*.

Mais, supposons que sur l'ordre du berger, les chiens aient rassemblé les moutons en une masse cohérente plus ou moins compacte. Cette fois, *le troupeau existe*. Un aéronaute situé à une hauteur convenable ne distingue aucun des éléments qui le compose, mais il perçoit une tache blanche dont il peut, à chaque instant, dessiner la forme et évaluer la surface apparente.

Nous allons voir que cette surface apparente jouit pour lui de toutes les propriétés que possède l'entropie pour un physicien observant et étudiant les modifications extérieures *contrôlables* d'une substance matérielle, mais incapable d'en percevoir les éléments discrets et de discerner leur mouvement propre d'agitation.

En effet, la surface apparente du troupeau peut varier de plusieurs manières :

1° Par le fait des chiens qui, suivant l'intensité de leur action, peuvent comprimer plus ou moins fortement l'ensemble du troupeau (variation d'entropie par l'action des forces extérieures) ;

2° Par l'action du rayonnement solaire susceptible, en énervant plus ou moins chaque individu, de modifier l'amplitude de son mouvement irrégulier d'agitation autour de sa ligne moyenne de déplacement ou de sa position d'équilibre (accroissement d'entropie par variation de température).

3° Par l'introduction ou la suppression d'un certain nombre d'unités composant le troupeau (variation d'entropie par variation de masse). Si

(1) *Thermodynamique* (Paris, Gauthier-Villars), p. 408.

deux troupeaux d'abord distincts viennent à se réunir, la surface totale de l'unique troupeau formé est la somme des surfaces de chacun des troupeaux composants et nous retrouvons les propriétés additives de l'entropie.

L'analogie peut être poussée plus loin. Par exemple, lorsque le troupeau se déplace très lentement dans la plaine, nous avons l'image d'une transformation réversible. Dans ce cas les chiens ont tout le loisir de réaliser à chaque instant telle configuration d'équilibre qui leur serait imposée.

Une vitesse de déplacement finie représente, au contraire, une transformation irréversible. Il devient alors difficile aux chiens (dont l'action n'est pas instantanée) de réaliser à chaque intant une configuration d'équilibre déterminée. Et cela leur est d'autant plus difficile que la vitesse de déplacement est plus grande. Il en résulte que la surface du troupeau est toujours *en retard* sur celle qui correspondrait, dans le cas de l'équilibre ou de la réversibilité, à l'action des chiens, circonstance à laquelle on peut aisément rattacher la production de chaleur non compensée ([1]).

Enfin la dispersion du troupeau sous l'empire d'une frayeur subite est l'image d'une réaction explosive.

3. Bien entendu, il ne s'agit ici que d'une simple comparaison dont il ne faudrait pas abuser. En particulier, il est trop évident qu'il ne saurait être question d'identifier l'entropie avec une surface ou un volume; mais cette image suffit pour nous faire comprendre :

1° Que, de même qu'un nombre donné de moutons ne constitue pas toujours un troupeau, de même un système quelconque de points matériels ne possède pas nécessairement les propriétés qu'implique la notion d'entropie;

2° Que dès lors il ne suffit pas, pour obtenir une interprétation mécanique des principes de la Thermodynamique, d'envisager un système quelconque de points matériels. Il faut d'abord et avant tout exprimer que ce système *possède une entropie*;

3° Qu'il en est ainsi lorsqu'il existe une fonction à variation lente (analogue à la surface du troupeau) qui coordonne les paramètres calorifiques du système au point de vue de leur action extérieure globale moyenne (action contrôlable), leur action individuelle, très rapidement variable dans l'espace et dans le temps restant d'ailleurs indiscernable.

Une telle fonction condense en quelque sorte et résume analytiquement toutes les propriétés calorifiques contrôlables du système. Si l'on suppose qu'elle existe — *sans qu'il soit même besoin d'en préciser la forme* — et

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1868.

qu'en outre le système soit calorifiquement conservatif, on obtient du second principe de la Thermodynamique une interprétation simple, immédiate et *d'une entière généralité* puisqu'elle s'applique *sans restrictions* à toute espèce de substance, solide, liquide ou gazeuse.

Cette manière d'envisager l'entropie, qui précise la véritable signification des systèmes monocycliques entrevus par Helmholtz, paraît atteindre l'essence même de cette grandeur, indépendante qu'elle est de toute forme fonctionnelle particulière. Loin d'être prodigieusement abstraite elle se présente au contraire sous une forme intuitive dont la simplicité ne semble guère pouvoir être surpassée. Elle nous a suffi pour rattacher, par des méthodes élémentaires, le second principe de la Thermodynamique aux principes généraux de la mécanique rationnelle (¹).

PHOTOCHIMIE. — *La photolyse et la loi d'équivalence photochimique.* Note de M. **Volmar**, transmise par M. Daniel Berthelot.

La loi d'équivalence photochimique, $W = h\nu$, d'après laquelle l'énergie qu'il faut fournir à une molécule, pour l'amener à un état critique tel qu'elle puisse entrer en réaction, est égale, pour une fréquence ν à un quantum $h\nu$, a été vérifiée dans un grand nombre de cas simples (ozone, acide chlorhydrique, acide bromhydrique, lévulose) et un seul quantum de lumière s'est trouvé mis en jeu par molécule. Inversement, ainsi que l'a fait remarquer M. Job, elle nous permet, connaissant l'énergie W réellement mise en jeu dans une réaction, d'en déduire la fréquence ν, c'est-à-dire la longueur d'onde λ de la radiation susceptible de la provoquer.

Nous nous sommes proposé de calculer ainsi les fréquences nécessaires pour photolyser les différentes fonctions organiques, réactions monomoléculaires simples, bien étudiées, notamment par MM. D. Berthelot et Gaudechon, et par nous-même. Dans tous les calculs, nous avons évalué l'énergie W en calories et substitué à la fréquence ν la longueur d'onde λ. La loi d'équivalence photochimique prend alors la forme

$$Q = \frac{3 \times 10^4}{\lambda},$$

(¹) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 1044; t. 153, 1911, p. 81; t. 155, 1912, p. 1217; t. 176, 1923, p. 1868.

d'où

$$\lambda = \frac{3 \times 10^4}{Q}.$$

1° *Photolyse des cétones :* R — CO — R′ = CO + R — R′. — La quantité d'énergie nécessaire pour rompre la molécule cétonique en > CO, — R, — R′ n'est pas directement calculable, mais si l'on désigne par Q′ la quantité d'énergie nécessaire pour amener le mélange CO + R — R′ au même état critique, c'est-à-dire pour rompre le carbure R — R′ en ses deux radicaux — R, R′, et transformer l'oxyde de carbone en carbonyle > CO, la différence Q — Q′ est égale à la différence des chaleurs de combustion $q_{c'} - q_c$ ou des chaleurs de formation sous le même état physique des deux membres de l'équation

$$Q - Q' = q_{c'} - q_c,$$

d'où

$$Q = q_{c'} - q_c + Q'.$$

La différence $q_{c'} - q_c$ est connue dans presque tous les cas par les déterminations thermochimiques de Berthelot et de ses élèves. Q′ est en général calculable grâce aux récents travaux de Thomsen, Fajans, Weinberg, Wertenstein qui ont calculé les énergies de liaison C — H et C — C dans les carbures, en fonction de l'énergie de dissociation de la molécule d'hydrogène H — H, et de la chaleur de sublimation du diamant. En partant de la plus récente détermination de cette chaleur de sublimation 216000^{cal} (Wertenstein, 1923), on peut admettre :

$$Q_{C-H} = 99800^{\text{cal}}$$
$$Q_{C-C} = 102000$$
$$Q_{H-H} = 84000$$

La différence énergique entre le gaz CO et le radical carbonyle > CO étant négligeable d'après Weinberg (*Ber.* 53, p. 1347), Q′ est, dans le cas de la photolyse des cétones, égale à l'énergie de liaison C — C, c'est-à-dire à 102000^{cal}. D'où :

$$Q = q_{c'} - q_c + 102000^{\text{cal}}.$$

En appliquant ce calcul aux premiers termes de la série cétonique, nous sommes arrivés aux résultats suivants :

	$q_{c'} - q_c$.	Q.	λ calculée.	λ observée.
	cal	cal	μ	μ μ
Diméthylacétone....	10000	112000	0,267	0,3 > λ > 0,25 (D. Berthelot)
Méthyléthylcétone..	10500	112500	0,267	»
Diéthylcétone......	13000	115000	0,261	»

La photolyse de la fonction cétonique exige donc l'intervention de radiations de longueur d'onde voisine de 0,27, résultat parfaitement d'accord avec ceux obtenus par MM. D. Berthelot et Gaudechon au cours de leurs recherches sur la photolyse et par M. V. Henri au cours de ses études sur l'absorption par les composés organiques ($\lambda = 0^{\mu},27$).

2° *Photolyse des aldéhydes :* $R - CO - H = CO + \frac{1}{2} R - R + \frac{1}{2} H - H$. — En calculant comme précédemment la quantité d'énergie Q nécessaire pour rompre la molécule d'aldéhyde en $>CO, - R, - H$, nous avons obtenu les résultats suivants :

	$q_{c'} - q_c$.	Q.	λ calculée.	λ observée.
Aldéhyde éthylique..	13600^{cal}	106000^{cal}	$0^{\mu},28$	$0^{\mu},3 > \lambda > 0^{\mu},25$ (D. Berthelot)
Aldéhyde propylique.	18000^{cal}	111000^{cal}	$0^{\mu},271$	»

La photolyse de la fonction aldéhyde demande donc l'intervention de radiations de longueur d'onde de $\lambda = 0^{\mu},28$; le maximum d'absorption observé par M. V. Henri correspond à $\lambda = 0^{\mu},278$.

3° *Photolyse des acides :* $R - C\begin{smallmatrix}\diagup\!\!\diagup O \\ \diagdown O - H\end{smallmatrix} = C\begin{smallmatrix}\diagup\!\!\diagup O \\ \diagdown\!\!\diagdown O\end{smallmatrix} + R - H$. — Le calcul de Q′ est ici un peu plus compliqué, car la différence énergétique entre le gaz CO^2 et le radical $- C\begin{smallmatrix}\diagup\!\!\diagup O - \\ \diagdown O\end{smallmatrix}$ n'est pas négligeable; nous l'avons calculée, d'après les données de Weinberg et trouvée égale à 39000^{cal}. Q′ est donc ici égale à l'énergie de liaison $C - H$, augmentée de 39000^{cal}, c'est-à-dire à 138800^{cal}. D'où :

$$Q = q_{c'} - q_c + 138800^{cal}.$$

En appliquant le calcul aux premiers termes de la série des acides, nous sommes arrivés aux résultats suivants :

	$q_{c'} - q_c$.	Q.	λ.	
Acide formique [1]..	»	130000	$0^{\mu},22$	$0^{\mu},25 > \lambda > 0^{\mu},20$ (Berthelot)
Acide acétique.....	4100	142900	$0^{\mu},209$	»
Acide propionique..	6100	144900	$0^{\mu},207$	»

La photolyse des acides demande donc l'intervention de radiations de longueur d'onde $\lambda = 0^{\mu},21$, *beaucoup plus courte que pour les aldéhydes et les*

---

(1) Dans les premiers termes de chaque série, la formule est un peu différente par suite de la présence d'un H à la place du radical R.

cétones. Le maximum d'absorption, observé par M. V. Henri, correspond à $\lambda = 0^{\mu},208$.

La photolyse obéit donc à la loi de l'équivalence photochimique : *pour chaque fonction elle exige l'intervention de radiations de longueur d'onde bien déterminée correspondant au maximum d'absorption.*

L'introduction dans la molécule d'un ou plusieurs CH^2 ne modifie pas sensiblement cette longueur d'onde qui est caractéristique du groupement fonctionnel lui-même et représente le potentiel photochimique minimum nécessaire à sa séparation du reste de la molécule.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les hydrates de l'hyposulfite de sodium.* Note [1] de M. **Marius Picon**, transmise par M. A. Haller.

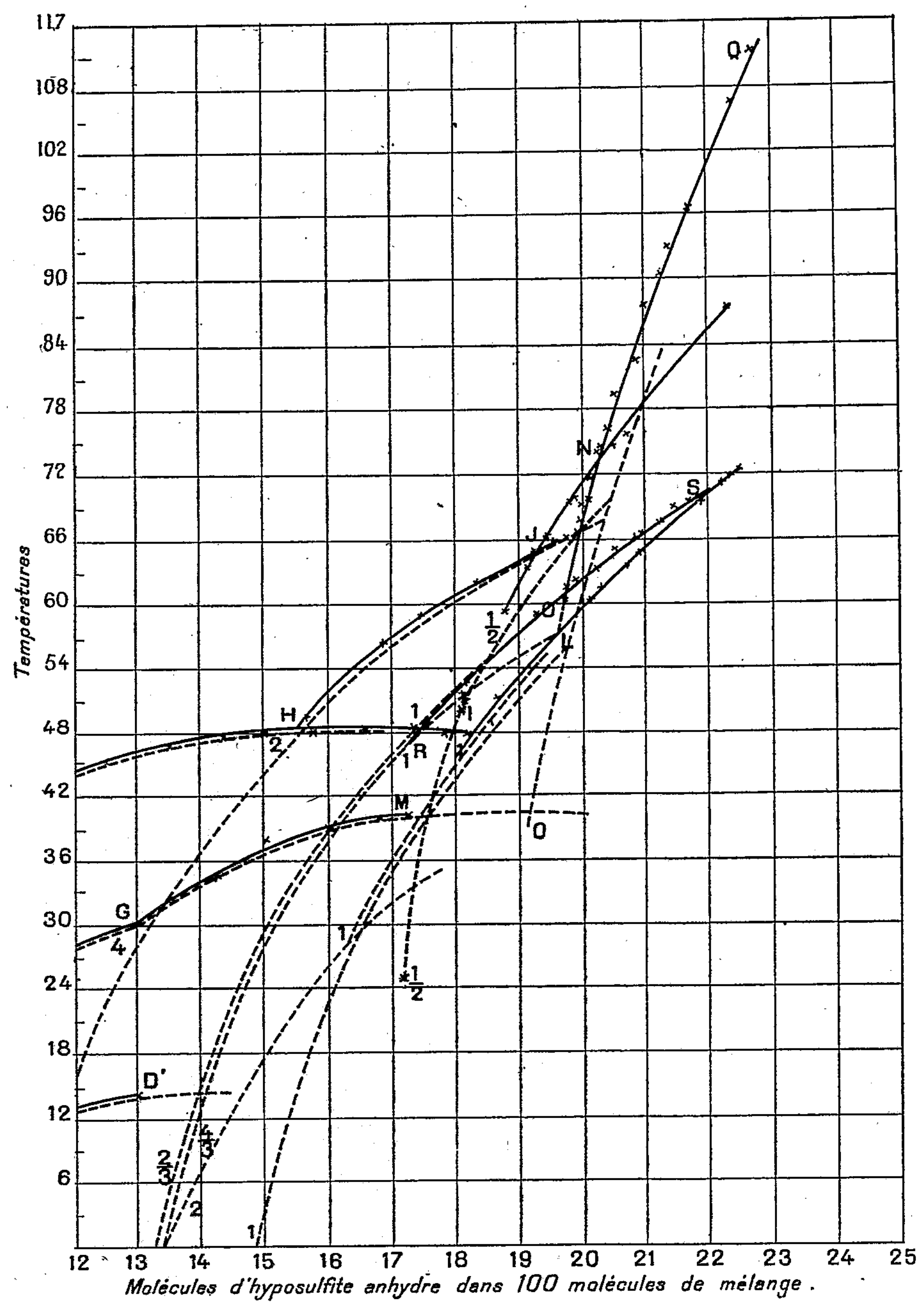
Dans une publication récente nous avons montré que l'étude du réchauffement de divers mélanges cristallisés d'hyposulfite et d'eau permettait de construire les courbes représentant le système constitué par ces deux composés et en particulier les hydrates instables. N'ayant donné des résultats que jusqu'à la concentration de 13^{mol} d'hyposulfite anhydre pour 100^{mol} de mélange, nous complétons cette étude jusqu'à la valeur de 23^{mol}, concentration limite que l'on peut obtenir sous une pression voisine d'une atmosphère.

En 1900, Young et Burke ont fourni des courbes de solubilité entre 0° et 80° pour 12 hydrates distincts qu'ils ont classées en cinq séries différentes appelées primaire, secondaire, tertiaire, quaternaire et quinternaire et que nous avons reproduites en pointillé dans la figure ci-contre. Le nombre des molécules d'eau de l'hydrate est indiqué par un chiffre au point de départ de la courbe.

En ce qui concerne les concentrations au-dessus de 13^{mol}, nous n'avons pu, malgré des tentatives extrêmement nombreuses, reproduire aucun des sels tertiaires, quaternaires et quinternaires signalés par Young et Burke. L'existence de ces hydrates ne nous paraît, du reste, pas entièrement démontrée dans les travaux publiés par ces auteurs.

Tous les hydrates, existant au-dessus de 15^{mol} à part le tétrahydrate et le monohydrate secondaires, sont nettement de la série primaire; pendant la fusion des sels, on observe, en effet, un palier très net à 48°, correspondant à la présence du pentahydrate primaire. A part le dihydrate,

(1) Séance du 11 février 1924.


Températures
117
108
102
96
90
84
78
72
66
60
54
48
42
36
30
24
18
12
6
12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
Molécules d'hyposulfite anhydre dans 100 molécules de mélange.
Q
N
J
S
H
G
M
R
D'
O

déjà signalé dans cette série, nous avons obtenu un mono et un semihydrate qui paraissent correspondre au mono et au semihydrate dits *quinternaires* décrits par Young et Burke. Nous avons isolé ces différents sels par essorage des cristaux à une température comprise entre 50° et 55°.

Le tableau ci-dessous mentionne en face des hydrates décrits antérieurement ceux dont nous avons reconnu l'existence par les courbes de réchauffement.

Molécules d'eau.	Série de Young et Burke.	Série réelle.
12	hydrate inconnu	secondaire, fusion vers — 16°
10	» »	primaire » » — 8°
5	tertiaire, fusion à 14°,35	secondaire
5	primaire, fusion à 48°,45	primaire
5	secondaire, pas de fusion	secondaire
4	» fusion à 41°,65	secondaire
2	primaire, pas de fusion	primaire
2	quinternaire	
4/3	quaternaire	
1	secondaire	secondaire
1	tertiaire	
1	quinternaire	primaire
2/3	tertiaire	
1/2	quinternaire	primaire

Au lieu des cinq séries envisagées par Young et Burke nous pensons donc qu'il n'en existe que deux, mais nous ferons remarquer que nos essais nous permettent de conclure qu'elles sont complètement distinctes et ne se raccordent que par les courbes situées aux extrémités des diagrammes figurant la fusion de la glace et celle du sel anhydre. Ces dernières sont, en effet, uniques, que l'on ait affaire à des hydrates de la série primaire ou de la série secondaire. Pour les concentrations comprises entre ces courbes extrêmes, il n'y a aucun point de raccordement ou de transition entre les hydrates des deux séries, contrairement à ce que Young et Burke ont admis.

Il nous a même été donné de constater que la déshydratation du pentahydrate primaire peut s'effectuer de deux manières totalement différentes : la cristallisation à la température ordinaire des solutions de concentrations comprises entre 18,2 et 22,5 molécules permet d'obtenir le monohydrate, puis, par légère surchauffe, le semihydrate et enfin le sel anhydre; par contre, le même pentahydrate déshydraté dans le vide en présence d'un desséchant conduit d'abord au dihydrate, puis directement au sel anhydre. Ainsi la mesure des tensions de vapeur de nos sels donne une pression

de $4^{mm},3$ de mercure pour le pentahydrate, $2^{mm},5$ pour le dihydrate, puis ensuite directement le sel anhydre.

Il n'y a aucun point de transition entre ces deux processus différents de déshydratation et il est à remarquer que c'est le dihydrate qui est le plus stable. On peut, en effet, transformer le mono en dihydrate par ensemencement avec ce dernier, alors que l'inverse est impossible.

L'observation de la séparation complète des hydrates en deux séries non reliées par des points de transition, l'existence même dans la série la plus stable de deux processus de déshydratation entièrement distincts à partir du pentahydrate sont des faits à noter pour l'étude de la constitution des hydrates salins.

CHIMIE-PHYSIQUE. — *De l'influence du voisinage de l'état critique de miscibilité sur les volumes*. Note [1] de M. N. **Perrakis**, transmise par M. A. Haller.

L'étude des variations volumétriques produites dans les mélanges de liquides normaux avait conduit Biron [2] à la relation

$$\Delta v = kx(1-x),$$

où x et $(1-x)$ expriment la teneur moléculaire de chacun des constituants et k est un facteur de proportionnalité dépendant de la température et de la nature des constituants.

Biron nomme mélanges *isofluidiques* ceux pour lesquels la constante k est sensiblement nulle.

Cette équation ne s'applique plus lorsqu'on considère des couples de liquides plus ou moins polymérisés ou réagissant chimiquement entre eux. En effet, les courbes donnant les variations de volume en fonction de la composition ne sont pas *rigoureusement* paraboliques, comme dans le cas des mélanges de liquides normaux.

Il est donc bien établi que la structure moléculaire a une certaine influence sur le volume.

Je me suis proposé d'étudier l'influence exercée par le voisinage de l'état critique de miscibilité sur le volume.

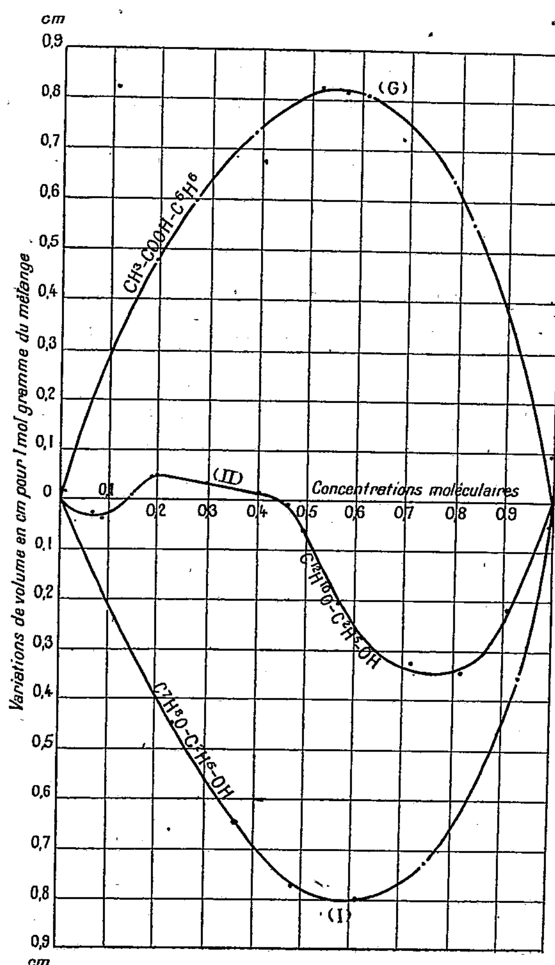
---

(1) Séance du 11 février 1924.

(2) E. Biron, *J. Soc. physico-chimique russe* (*Sect. chim.*), t. 41, 1909 p. 569. — Voir aussi t. 42, 1910, p. 135, 167, 188.

Mes expériences ont porté sur les systèmes : *o*-crésol-alcool éthylique (I) et oxyde de phényle-alcool éthylique (II).

Nous avons là deux cas de miscibilité complète : une très bonne miscibilité avec le système (I) et *un état proche de la non-miscibilité* avec le système (II).



Pour la détermination des densités je me suis servi d'un picnomètre de Springel d'une contenance de 35$^{cm^3}$ environ. Ces mesures ont été effectuées à la température de 30° et les densités sont rapportées à l'eau à 30° (¹)

(¹) Densité de l'*o-crésol* à 30° : 1,0408; densité de l'oxyde de phényle à 30° : 1,0709 densité de l'alcool éthylique à 30° : 0,7902.

Les courbes (I) et (II) du graphique (I) traduisent les résultats de cette étude.

Nous constatons que les variations de volume du système (I) sont données en fonction de la composition par une courbe affectant une allure *pseudo-parabolique*. D'ailleurs la courbe (G) traduisant l'étude du système acide acétique-benzine, due à M. L. Gay (1), affecte, elle aussi, une allure analogue à celle du système *o*-crésol-alcool éthylique; de même, les variations de volume du système phénol-alcool éthylique seraient représentées par une courbe d'allure semblable (2).

Ajoutons que ces trois systèmes constituent trois cas de bonne miscibilité complète, leurs courbes de cristallisation étant rapidement descendantes (3).

L'allure du phénomène n'est pas aussi simple, lorsqu'on s'adresse à des couples de liquides entièrement miscibles, mais assez voisins de l'état critique.

En effet, la courbe (II) traduisant l'étude du système oxyde de phényle-alcool éthylique affecte une allure bien plus compliquée que celle du système précédent. En particulier, elle présente une partie *rectiligne nettement marquée qui nous indique la proximité de l'état critique.*

A notre avis, cette déformation des courbes de variations de volume est *uniquement* due au voisinage de l'état critique et *non* à l'existence de combinaisons chimiques bien définies (chaque point singulier serait l'indice d'une telle combinaison), comme certains auteurs se plaisent à le répéter.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mesure des intensités des petites sources de chaleur : emploi d'un microcalorimètre à compensation.* Note de M. **A. Tian**, présentée par M. Jean Perrin.

L'évaluation précise de faibles débits calorifiques est intéressante, notamment en chimie et en physiologie. En chimie on peut ainsi suivre la marche des réactions même de grande lenteur ou de faible thermicité, et mesurer *directement*, par simple intégration, la chaleur totale dégagée. En biologie la méthode calorimétrique est surtout utile comme moyen d'étude

---

(1) *Thèse de Doctorat*, Paris, 1914; *Ann. de Phys.* t. 6, 1916, p. 36.

(2) Étant obligé d'étudier ce système à la température de 41° (température de fusion du phénol) nous avons préféré y renoncer, l'alcool éthylique étant un corps très volatil.

(3) Nicolas Perrakis, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1137. — E. Baud, *Ibid.*, t. 154, 1912, p. 352.

si elle peut s'appliquer à de très petits êtres vivants qui s'accommodent de grandes variations du milieu.

Il est donc souhaitable de posséder un microcalorimètre permettant des mesures précises. La question ne paraît avoir été vraiment posée qu'en radioactivité (1). Il s'agit alors d'expériences en quelque sorte isolées, destinées à mesurer une fois pour toutes la chaleur dégagée par un nouveau corps radioactif, et non d'employer la méthode calorimétrique comme moyen d'investigation. Aussi s'est-on peu préoccupé de l'utilisation pratique des appareils. D'ailleurs le problème à résoudre est ici souvent facile, soit parce que la masse du corps est petite (il s'agit presque de mesurer l'énergie d'un simple rayonnement), soit surtout parce que le dégagement de chaleur se poursuit longtemps avec le même rythme, ce qui facilite beaucoup la mesure.

J'ai cherché à établir un appareil sensible, précis et d'un usage vraiment pratique. En principe il comporte une cellule placée au centre d'un bain à température constante, et séparée de lui par un isolant thermique. Le dégagement de chaleur est produit dans la cellule. Une pile thermo-électrique réunie à un galvanomètre est en relation, par une série de soudures, avec la cellule et par l'autre série avec le bain; elle permet de déceler et, éventuellement, de mesurer l'écart de température entre ces deux milieux. D'autre part, une autre pile semblablement disposée sert à absorber par effet Peltier la chaleur dégagée; dans le cas où il y a absorption de chaleur dans la cellule on la réchauffe par effet Joule. Dans l'un et l'autre cas la compensation se fait en ramenant à zéro la déviation galvanométrique.

La méthode de compensation est la seule à employer pour des expériences de dynamique chimique puisque la température doit rester constante (à 1 centième de degré près). Mais s'il s'agit d'étudier certains insectes tels que des mouches, le débit calorifique est si variable que la compensation est impossible. Il faut alors utiliser la méthode de déviation avec enregistrement photographique, ce qui donne directement la courbe de débit en fonction du temps. Dans les cas intermédiaires il est utile de combiner les deux méthodes : la majeure partie de la chaleur est compensée et le surplus, positif ou négatif, est enregistré. On opère comme dans une pesée par une balance de Curie, avec presque toute la précision d'une méthode de zéro et la commodité d'une mesure directe.

---

(1) Voir Mme Curie, *Traité de Radioactivité*, et plus récemment Werstenstein, *Microcalorimètre différentiel* (*Journal de Physique*, 6e série, t. 1, 1920, p. 126).

Quoiqu'un mémoire doive donner avec détails dans un autre Recueil la disposition et les propriétés thermiques de ce microcalorimètre, je dois indiquer comment j'ai pu résoudre de sérieuses difficultés expérimentales.

Fixité de la température. — Dans bien des cas, notamment, en Chimie, l'emploi d'un thermostat est indispensable. Or le jeu du régulateur entraîne nécessairement de petites variations de température; ces variations sont presque de l'ordre de grandeur de celle provoquée dans la cellule par le phénomène étudié. L'emploi des thermostats ordinaires, dans lesquels le bain est en relation thermique directe avec le régulateur, est à rejeter. On doit utiliser le dispositif de thermostat *à enceintes multiples* précédemment décrit (¹).

Mobilité de la cellule. — Les soudures thermo-électriques sont disposées sur la surface externe d'une cartouche en cuivre légère et *fixe*, à l'intérieur de laquelle la cellule (petite ampoule cylindrique en verre mince, argentée puis cuivrée extérieurement) pénètre à frottement. L'introduction de la cellule, portée par une queue assez longue, se fait *de bas en haut* pour éviter la déperdition d'air chaud par l'ouverture pratiquée dans le thermostat.

Établissement rapide de l'équilibre thermique. — La cellule froide passe d'abord à frottement dans un manchon de cuivre en relation thermique avec l'enceinte primaire du thermostat, *c'est-à-dire avec le régulateur.* Après quelques minutes, lorsque la cellule a pris une température très voisine de celle du bain thermostatique, on la pousse à fond : elle pénètre alors dans la cartouche et, s'il est nécessaire, on ramène dans les premiers instants le galvanomètre à zéro par effets Joule ou Peltier.

Protection de la cellule contre le refroidissement extérieur. — Quoiqu'un bon bouchon isolant fixé à la queue de la cellule obture l'ouverture inférieure de l'appareil, il faut compléter la protection de la cellule. A cet effet on place autour du manchon de réchauffement quelques spires de fil traversé par le courant de chauffage du thermostat. Dans une expérience préliminaire, la cellule étant vide dans la cartouche, on shunte cette résistance de manière à ramener exactement le galvanomètre au zéro : le réglage est alors *définitif*, *indépendant des variations de tension du secteur électrique comme de la température ambiante.*

Enfin je signale que les mesures électriques se faisant avec précision et la sensibilité du galvanomètre pouvant être très grande, l'exactitude des mesures est surtout limitée par le fait suivant : si la température de la salle est mal distribuée il s'établit dans le circuit du galvanomètre, hors de l'appareil, des forces électromotrices thermo-électriques accidentelles. Cette cause d'erreur a diminué jusqu'ici beaucoup la précision de mes déterminations. Pour un débit de $\frac{1}{2}$ calorie-gramme par heure, la précision était de quelques centièmes. J'espère pouvoir continuer mes expériences dans une cave, dans de meilleures conditions thermiques.

(¹) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1453; *J. de Chimie physique*, t. 20, 1923, p. 132.

RADIOCHIMIE. — *Influence de la température sur la décomposition de l'ammoniaque par les rayons ultraviolets.* Note de M. **W. Kuhn**, présentée par M. J. Perrin.

Nous avons montré [1] que pour décomposer une molécule de NH^3 par les rayons ultraviolets monochromatiques ($\lambda = 2025$ à 2140) il faut à la température de 20° de 2 à 2,5 quanta $h\nu$. En nous servant du même montage de V. Henri nous avons étudié la vitesse de décomposition photochimique de NH^3 pour une série de températures jusqu'à 500°. La décomposition thermique ne commençant qu'à 800° elle n'intervient pas dans ces expériences.

Résultats. — 1° La vitesse de décomposition photochimique de NH^3 pur augmente avec la température. Ainsi on obtient en moyenne les vitesses suivantes :

t	20°.	100°.	200°.	300°.	400°.	500°.
v	1	1,5	2,25	3,5	6	9
ε	2,5	1,7	1,1	0,7	0,4	0,3 $h\nu$

v est la vitesse relative comparée à celle à 20° et ε le nombre de quanta qui doivent être absorbés pour décomposer une molécule de NH^3. On voit qu'à une élévation de 100° correspond une augmentation de la vitesse de 50 pour 100. Cette influence thermique est donc bien plus faible que dans les réactions thermiques ordinaires, où déjà pour une élévation de 10° la vitesse augmente de 200 à 400 pour 100.

2° Cette augmentation de la vitesse de décomposition photochimique de NH^3 n'obéit pas à la loi d'Arrhenius $v = s.e^{-\frac{u}{kT}}$; ce qui signifie qu'il existe plusieurs réactions intermédiaires entre NH^3 et $N^2 + H^2$.

3° La variation de la vitesse avec la température est indépendante de la pression dans les limites entre 300 et 30^{mm} Hg.

4° Lorsqu'on suit la vitesse de décomposition photochimique de NH^3 à température élevée, on constate que la réaction se ralentit de plus en plus à mesure que la décomposition progresse. Ainsi le rapport $v_{350} : v_{20}$ prend pendant la marche d'une réaction les valeurs suivantes : 4,8; 4,2; 3,7; 3,2; 2,6; 2,4; 2,2; 1,7 et 1,5.

5° L'addition d'azote ne modifie pas la vitesse de décomposition de NH^3 à température élevée.

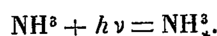
---

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 956.

6° L'addition d'hydrogène ralentit fortement cette vitesse; ainsi dans un mélange contenant 100^{mm} H^2 et 100^{mm} NH^3 la vitesse à 400° est égale à celle à 20°. Ceci indique la possibilité d'une réaction photochimique de formation de NH^3 à température élevée, favorisée par l'addition d'hydrogène.

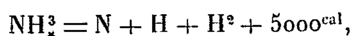
Ces résultats permettent de préciser certains points relatifs au mécanisme de décomposition photochimique de NH^3.

Une molécule d'ammoniaque en absorbant un quantum $h\nu$ (= 128 000^{cal} par molécule-gramme) passe à l'état activé NH^3_*, on obtient



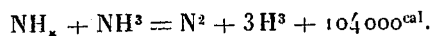
$$NH^3 + h\nu = NH^3_*.$$

Une partie de ces molécules activées retournent à l'état normal; les autres entrent en réaction. Cette réaction peut être soit une décomposition directe suivant l'équation



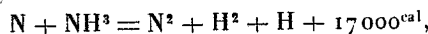
$$NH^3_* = N + H + H^2 + 5000^{cal},$$

soit une réaction par chocs avec les molécules normales d'ammoniaque :

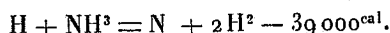


$$NH_* + NH^3 = N^2 + 3H^3 + 104000^{cal}.$$

L'azote atomique et l'hydrogène atomique peuvent à leur tour réagir avec l'ammoniaque, surtout à température élevée :



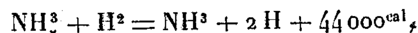
$$N + NH^3 = N^2 + H^2 + H + 17000^{cal},$$



$$H + NH^3 = N + 2H^2 - 39000^{cal}.$$

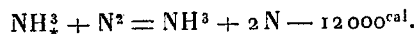
L'ensemble de ces réactions explique comment l'absorption d'un seul quantum peut entraîner la décomposition à température élevée de 2 et même 3 molécules de NH^3.

L'action inhibitrice de l'hydrogène s'explique par la réaction entre les molécules activées et l'hydrogène moléculaire, exactement comme dans le cas de l'action sur l'hydrogène des atomes de Hg, activés par absorption de la raie 2537 (expérience de Cario et Franck) :



$$NH^3_* + H^2 = NH^3 + 2H + 44000^{cal},$$

tandis qu'avec l'azote une pareille réaction est impossible :



$$NH^3_* + N^2 = NH^3 + 2N - 12000^{cal}.$$

Ces considérations théoriques soulèvent toute une série de problèmes qui pourront être attaqués expérimentalement.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur l'entraînement du cobalt et du nickel par l'étain précipité à l'état de sulfure stannique. Dosage colorimétrique du cobalt.* Note de M. V. **Auger** et Mlle L. **Odinot**, présentée par M. G. Urbain.

Les solutions stanniques précipitées par SH^2 fournissent, la plupart du temps, des mélanges de S^2Sn et des acides condensés méta et parastannique. Dans ce cas les entraînements, par adsorption simple ou sélective, sont fréquents : nous citerons entre autres celui de PO^4H^3, qui ne peut être évité qu'en faisant passer l'étain à l'état stanneux avant l'action de SH^2.

Au cours d'une analyse nous avons remarqué que le cobalt était particulièrement entraîné par le sulfure stannique, et nous avons étudié ce cas pour voir si ce phénomène avait une importance notable, et s'il pouvait être évité en acidulant la solution jusqu'à la limite où l'étain cesse d'être complètement précipité.

Dans ce but nous avons préparé des solutions contenant environ 24^{mg} de Co et 45^{mg} de Sn à l'état de chlorures, en 100^{cm^3}, et qui furent acidulées par ClH de façon à contenir de 0,5 à 7 pour 100 de ClH réel; au delà de ce taux d'acide l'étain ne précipite plus totalement.

Les précipités, lavés à l'eau sulfhydrique, furent dissous en ClH additionné de quelques gouttes de NO^3H, la solution évaporée à sec au bain-marie fut reprise par ClH concentré, et le cobalt dosé par colorimétrie. On a trouvé que la quantité de Co entraîné est à peu près en proportion inverse de l'acidité de la solution; avec 0,5 pour 100 de ClH il y en a $\frac{1}{10}$ de fixé sur l'étain; à 7 pour 100 de ClH, il y en a encore $\frac{1}{40}$. Il n'est donc pas possible de séparer convenablement ces deux métaux par cette méthode.

Si l'on réduit au préalable la solution stannique à l'état stanneux, il n'y a aucune trace de cobalt entraîné par le sulfure stanneux.

Avec le nickel, en opérant de la même façon, les résultats ont été les mêmes : les solutions faiblement acides fournissent un sulfure stannique entraînant jusqu'à 13 pour 100 du nickel; cette quantité s'abaisse jusqu'à 1 pour 100 avec la solution contenant 7 pour 100 de ClH. Comme nous avons dû doser le nickel par précipitation à l'état de sel de diméthylglyoxime, nous n'avons pas ici obtenu des résultats aussi réguliers qu'avec le cobalt. En solution stanneuse il n'y a pas eu d'entraînement de Ni avec le SSn précipité.

Récemment, MM. A. Kling et A. Lassieur [1] ont proposé de précipiter

(1) A. Kling et A. Lassieur, *Chimie et Industrie*, t. 4, 1920, p. 155.

les solutions stanniques au moyen du cupferron; nous avons effectué cette opération avec des solutions contenant du cobalt et du nickel; le précipité du complexe stannique est très facile à filtrer et à laver; il est en outre absolument exempt de Co et de Ni; nous pensons que cette méthode est très recommandable pour séparer l'étain des métaux qui ne précipitent pas au cupferron.

Colorimétrie du cobalt. — Les sels de cobalt, dissous dans un grand excès de ClH concentré donnent une coloration bleue provenant de la formation d'un acide cobalto-chlorhydrique; cette coloration est très sensible et peut encore être observée dans un tube à essais contenant 10^{cm^3} de ClH concentré avec $25^{\mu g}$ de cobalt. Pour nos analyses nous avons établi une échelle de types contenant de 2^{mg} à $0^{mg},02$ de Co en 10^{cm^3}; il est facile d'observer les différences de teinte provenant d'une différence de 3 à 5 pour 100 de Co dans ces solutions.

Pour nous mettre dans les meilleures conditions, nous avons étudié la variation de la coloration avec la concentration de l'acide chlorhydrique: pour une même quantité de cobalt la coloration est d'autant plus forte que l'acide est plus concentré; si l'on part d'un acide à 40 pour 100 de ClH qu'on additionne de quantités croissantes d'eau, on trouve que l'affaiblissement de la coloration est presque insensible pour des solutions contenant pour 100^{cm^3} de ClH à 40 pour 100, 10^{cm^3} à 20^{cm^3} d'eau; puis pour des additions successives d'eau, la coloration diminue rapidement, elle n'est plus que de 85 pour 100 de sa valeur primitive avec un mélange de 7^{cm^3} ClH et 3^{cm^3} H^2O; de 50 pour 100 avec 6 ClH et 4 H^2O et enfin elle disparaît en virant au rose par reformation des ions Co^{++} avec 4,5 ClH et 5,5 H^2O. On a dû, dans tous ces essais, employer un acide absolument exempt de fer, car les moindres traces de Cl^3Fe font passer la coloration bleue au vert et empêchent toute comparaison avec les types.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la détermination des indices de cuivre des matières cellulosiques. Application de la méthode molybdomanganimétrique de Fontès-Thivolle.* Note de MM. **H. Gault** et **Brindaban Chandra Mukerji**, transmise par M. A. Haller.

Les recherches méthodiques que nous poursuivons sur l'éthérification des celluloses dégradées par les chlorures d'acides gras, en présence de pyridine, nécessitent la détermination d'un certain nombre de caractéristiques de ces celluloses, entre autres des indices de cuivre.

Le dosage microchimique du cuivre par la méthode de Fontès-Thivolle appliquée à ce cas particulier, présente de tels avantages de précision et de rapidité que nous croyons utile en l'absence, croyons-nous, de toute communication sur ce sujet, de signaler quelques-uns des résultats qu'elle nous a permis d'obtenir.

Nous avons adopté le mode opératoire suivant :

On introduit dans un ballon de verre pyrex, muni d'un agitateur mécanique et d'un réfrigérant ascendant monté à émeri sur le col du ballon, 50^{cm^3} de liqueur de Fehling ($34^g,5$ SO^4Cu dans 1 litre ; 173^g sel de Seignette et 60^g NaOH dans 1 litre) étendue de 100^{cm^3} d'eau.

On ajoute ensuite un poids connu (environ 1^g) de cellulose dans la solution préalablement portée à l'ébulition par chauffage au bain de chlorure de calcium à 120°. On prolonge le chauffage pendant *exactement* 15 minutes, en retirant le ballon du bain de chlorure de calcium à la fin de la 15ᵉ minute.

Après séparation sur filtre de la cellulose chargée d'oxydule de cuivre et lavages appropriés, on dissout directement l'oxydule dans le réactif molybdophosphorique ou bien on le transforme, par incinération du filtre avec son contenu dans le microfour de Pregl et réduction consécutive dans un courant d'hydrogène pur, en cuivre métallique que l'on dissout dans le réactif molybdophosphorique.

Dans les deux cas, le titrage du bleu de molybdène s'effectue avec une solution permanganique à 0,08 pour 1000. Le deuxième mode opératoire est deux fois plus précis que le premier, comme l'ont indiqué Fontès et Thivolle.

La détermination totale n'exige pas plus de 30 minutes.

Voici quelques chiffres obtenus à partir de cellulose purifiée (ouate hydrophile) et de diverses hydrocelluloses :

	Titre $KMnO^4$ (poids de Cu en millig. équivaut à 1000^{cm^3} $KMnO^4$).	Volumes de $KMnO^4$ (en cent. cubes).			Indices de cuivre.		
			Cellulose purifiée.				
1...	78	126	126,8	»	0,983	0,989	»
2...	156	63,5	63	»	0,989	0,983	»
			Hydrocellulose.				
1...	158	78,75	78	»	1,244	1,213	»
2...	156	79	78	»	1,224	1,216	»
3...	158	150	151	»	2,370	2,386	»
4...	156	183	183,5	»	2,855	2,862	»
5...	158	230	231	»	3,634	3,649	»
6...	156	247	249	248	3,853	3,884	3,869
7...	156	272	282	276	4,243	4,399	4,305
8...	155	324	325,2	»	5,022	5,037	»
9...	156	323	324	»	5,054	5,038	»
10...	158 et 156	431	436	»	6,809	6,811	»

Nous avons indiqué trois chiffres décimaux, voulant spécifier le degré de précision que peut donner le dosage microchimique du cuivre par cette méthode.

Il est évident qu'une telle précision ne peut avoir de signification, en ce qui concerne les indices de cuivre eux-mêmes, que si la réduction de la liqueur de Fehling a été effectuée dans des conditions *rigoureusement identiques* de température, de concentration et de durée.

Nous notons, en dernier lieu, que ces déterminations d'indices de cuivre supposent que les celluloses examinées ne renferment aucune trace de métal susceptible d'entrer en réaction et en particulier de fer; dans le cas contraire, il est nécessaire d'introduire un terme correctif dans les calculs.

Les indices d'iode que nous avons déterminés correspondent à une cellulose renfermant 0,23 pour 1000 de fer, dosé par la méthode molybdomanganimétrique :

Titre $KMnO^4$ (Poids de fer en milligr. équiv. à 1000 cm^3 ($KMnO^4$).	Volume $KMnO^4$ (en cm^3).		Poids de cellulose.		Poids de fer.		Fe pour 100.
45.........	9,95	9,98	0,196	0,200	0,044	0,045	0,0229
45.........	50,10	50,05	1,00	1,00	0,045	0,0448	0,023

1^g de cellulose contient donc environ 0,00023 de fer. La correction, dans ce cas, est inutile.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution de l'acide phtalonique.* Note de M. **Cornillot**, transmise par M. Haller.

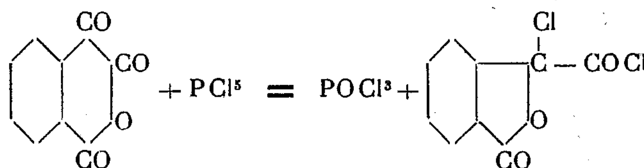
Continuant nos recherches sur la constitution de l'acide phtalonique et de ses dérivés [1] nous avons fait réagir le pentachlorure de phosphore sur l'anhydride phtalonique, molécule pour molécule, en présence de toluène. On observe une assez vive réaction qui donne naissance à un produit solide, cristallisant en gros prismes, fondant à 70°, distillant à 120° sous une pression de 2^{mm}. Sa composition répond à la formule brute $C^9H^4O^3Cl^2$, mais les deux atomes de chlore ont des propriétés très différentes. L'un d'eux est si sensible à l'action de l'eau, qu'une courte exposition à l'air transforme le produit intégralement en un acide monochloré $C^9H^5O^4Cl$, petites aiguilles

[1] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 498.

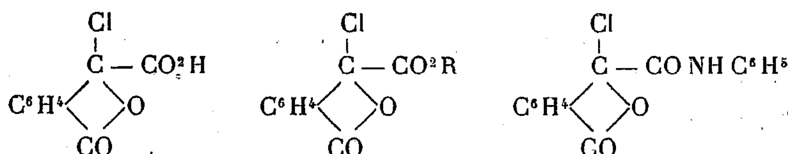
blanches (du benzène) fondant à 133°. Cet acide est inaltérable à l'humidité, mais les alcalis, immédiatement à chaud, lentement déjà à froid, le transforment en acide phtalonique.

Le composé dichloré, et l'acide monochloré lui-même, réagissent tous deux instantanément sur les alcools pour donner des éthers monochlorés : éther méthylique, très stable (f. 92°); éther éthylique (f. 48°; éb. 164° sous 5^{mm}) altérable à la longue à l'humidité. Le composé dichloré se combine également à l'aniline avec séparation d'acide chlorhydrique, et formation d'un anilide monochloré $(C^9H^4O^3Cl)NHC^6H^5$, fondant à 137°,5. Cette dernière substance perd son chlore en présence d'alcalis concentrés, en donnant l'acide phtalonanilique.

Ces faits paraissent d'accord avec l'hypothèse que le composé dichloré initial est le chlorure de l'acide α-chlorophtalide carbonique, dont la préparation, que nous avons décrite, comporterait une transposition moléculaire; ce qui ne saurait nous surprendre puisque nous en avons constaté une tout analogue dans l'action de l'acide acétique sur l'anhydride phtalonique :

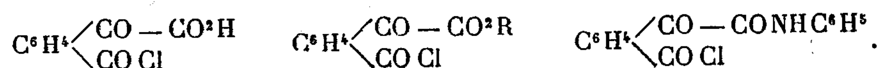


L'action de l'eau, des alcools, de l'aniline sur le composé dichloré, a fourni des produits dont nous écrirons alors les formules lactoniques respectivement



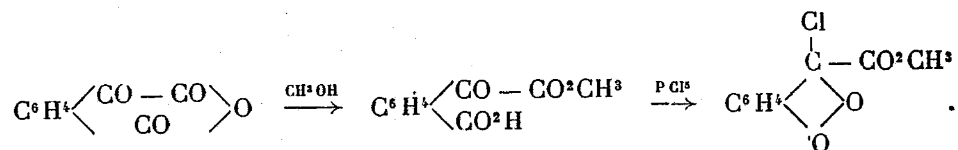
Ainsi se trouvent interprétés, d'une part la faible mobilité du chlore dans ces composés, avec sa stabilité relative vis-à-vis de l'eau et des alcools; d'autre part l'extrême facilité d'éthérification de l'acide monochloré, naturelle si l'on admet qu'il possède un atome de chlore en α par rapport au carboxyle. Au contraire, l'hypothèse d'une constitution cétonique pour ces mêmes substances, obligerait à admettre que leur molécule renferme une fonction chlorure d'acide, dont l'indifférence aux réactifs chimiques serait

invraisemblable :



Nous avons obtenu par une autre voie l'éther méthylique monochloré; l'acide éther méthylique phtalonique, que Wegscheider et Glogau ont préparé à l'état d'hydrate, résulte très aisément de l'action de l'alcool méthylique sur l'anhydride phtalonique; ce qu'on recueille alors est l'acide éther additionné d'une molécule d'alcool; cette dernière se sépare dans le vide, et l'acide éther pur qui reste fond à 94°. Quand on le traite par le perchlorure de phosphore, il se transforme en éther méthylique monochloré (f. 92°).

Or l'ouverture des anhydrides internes du type de l'anhydride phtalonique par l'action des alcools se fait d'ordinaire de telle sorte que le reste alcoolique éthérifie le carbonyle correspondant à la fonction acide la plus forte; ici, il était à prévoir que ce serait le carbonyle voisin du CO-cétonique. C'est ce que confirme le passage, par chloruration, de l'acide éther phtalonique à l'éther chloro-phtalide-carbonique; en même temps nous voyons que l'acide éther phtalonique réagit avec une extrême facilité en donnant un dérivé dont la constitution lactonique paraît très probable,



GÉOLOGIE. — *Sur les mouvements crétacés et tertiaires et sur les manifestations volcaniques dans la partie occidentale de Madagascar.* Note de MM. **Léon Bertrand** et **Léonce Joleaud**, présentée par M. Pierre Termier.

Un des faits les plus saillants résultant de nos observations sur la géologie du pays sakalave, entre la Betsiboka et la Tsiribihina, est l'*indépendance stratigraphique du Crétacé moyen* par rapport aux formations antérieures, ainsi que nous l'avons indiqué dans une Note précédente. Ce Crétacé s'est déposé sur une seconde pénéplaine, grande surface d'érosion consécutive

à une surrection du massif cristallin et analogue à celle qui avait suivi les mouvements hercyniens et qui a servi de surface de base au dépôt du Permien et du Trias. Mais, tandis que cette dernière a été assez fortement relevée ultérieurement au bord du massif cristallin, en grande partie par la surrection de ce massif antérieure à la formation de la seconde pénéplaine en question, la surface de base du Crétacé moyen est restée sensiblement horizontale depuis lors et ne présente guère qu'un léger plongement d'ensemble vers l'Ouest.

Le Crétacé moyen a pu s'étendre indifféremment, depuis la région voisine du littoral où se trouve conservé le Jurassique supérieur, jusque sur le Jurassique inférieur et même directement sur le Trias suivant l'axe des anticlinaux de la région Manambao-Ranobe, entièrement rabotés avant son dépôt et par conséquent antérieurs à celui-ci. Il s'agit donc d'*une véritable phase orogénique*, bien datée et analogue à la phase préliminaire anté-cénomanienne de la formation des Pyrénées, par exemple. Une conséquence naturelle de cette transgression du Crétacé moyen, qui a peut-être pu s'étendre vers l'Est jusque sur le massif cristallin, est qu'il débute par des grès très analogues à ceux du Trias, puisque formés dans des conditions semblables et aux dépens des mêmes matériaux (roches cristallines ou grès triasiques provenant de la destruction de ces dernières). Ces grès crétacés peuvent donc être facilement confondus avec ceux du Trias lorsqu'ils viennent reposer directement sur eux, sans interposition de calcaires liasiques ou jurassiques.

De même que nous avons vu, sur le moyen Ranobe, la première série transgressive renfermer des coulées éruptives intercalées vers la base du Permien, consécutives aux mouvements hercyniens, nous retrouvons des *phénomènes volcaniques* analogues ayant fait suite à la phase orogénique crétacée, et cela sur une bien plus grande échelle (tout au moins apparente, car le Permien n'affleure que sur une assez petite surface). Suivant la traversée entre Bemoko et Antsalova, au-dessus d'une faible épaisseur de grès et conglomérats de base, discordants sur les ondulations du substratum, le Crétacé moyen n'est ensuite formé que par une grande épaisseur de *tufs balsatiques*, régulièrement stratifiés et représentant nettement une formation sédimentaire quant à son mode de dépôt, bien que constituée par des matériaux éruptifs; elle renferme d'ailleurs des intercalations de coulées interstratifiées, mais sans aucun appareil volcanique visible. Tout ce complexe, fort étendu, semble bien résulter d'éruptions littorales ou sous-marines dont les produits étaient repris et étalés par l'eau. Sur le bas Ranobe, nous avons

d'ailleurs observé le passage de ce complexe, entièrement éruptif quant à ses éléments, à un facies mixte comprenant des intercalations marneuses, qui constitue une transition à la série crétacée moyenne fossilifère reconnue plus au Nord.

L'orientation particulière de nos recherches ne nous a pas permis de reconnaître les relations de ce complexe avec les couches du Crétacé supérieur et du Tertiaire de la côte Ouest, ni la façon dont celles-ci se comportent entre elles. Toutefois, l'étude de la région triasique met en évidence un certain nombre de faits relatifs aux périodes récentes de l'histoire géologique de Madagascar.

Les *dislocations tertiaires* semblent bien avoir eu surtout leur effet sur la côte Est et en Émyrne, où une tournée très rapide de Tananarive dans la région d'Antsirabe nous a permis de reconnaître l'existence d'un grand bassin néogène, dont les couches ont ultérieurement subi une certaine compression latérale traduite par des plissements locaux bien accusés. Le rajeunissement du relief résultant de ces mouvements récents a amené une reprise de l'érosion qui, jointe à la présence d'édifices volcaniques présentant souvent un aspect de fraîcheur remarquable, donne un caractère montagneux à la région très anciennement pénéplainée qu'est l'Emyrne. Des répercussions de ces mouvements se retrouvent, dans la région occidentale, comme nous l'avons signalé précédemment, marquées par l'existence de certaines failles locales, toutes orientées sensiblement N-S, visibles en divers points à la limite des terrains triasiques et du massif cristallin (environs d'Ankavandra, d'Ambatomainty, de Kandreho) et se prolongeant dans les schistes cristallins lorsque leur couverture triasique a disparu. Mais, plus à l'Ouest, la série sédimentaire triasique, jurassique et crétacée ne nous a montré, abstraction faite des plis crétacés dont il a été précédemment question, que des ondulations à grand rayon de courbure et de direction aussi subméridienne, sans failles séparatives entre les zones triasique, jurassique et crétacée ainsi que cela a été souvent indiqué.

Pourtant, la région où s'était produit le maximum du plissement crétacé, c'est-à-dire l'aire anticlinale dirigée vers le N-W qui correspond aux bassins du Manambao, du Ranobe et du Sambao, a été affectée de dislocations récentes orientées suivant deux directions conjugées, l'une sensiblement méridienne comme celle des accidents dont il vient d'être question, l'autre à peu près WSW-ENE. Cette dernière correspond à la direction générale du bord du massif cristallin entre le coude marqué que fait ce bord et les environs de Maevatanana, alors que la première est celle

du bord du massif au sud du coude en question. La forme actuelle du massif cristallin semble donc bien être la conséquence des mouvements récents, qui ont produit son ultime surélévation aussi bien en son bord occidental que dans sa partie orientale.

L'âge exact de ces mouvements ne saurait, dans l'état actuel de nos connaissances, être indiqué de façon précise. On peut cependant le déduire approximativement des faits suivants. En de nombreux points de la région sakalave que nous avons parcourue, nous avons trouvé des témoins, parfois très étendus, d'une troisième pénéplaine limitant la surface des grés triasiques, avec dépôt de cailloutis différents de ceux du Trias. De plus, la surface de celui-ci souvent couverte sur une grande épaisseur, par une latérite ancienne, profondément érodée et à laquelle s'associent souvent une grande quantité de fragments des bois silicifiés du Trias provenant des couches détruites, ainsi que de nombreux galets de basalte crétacé (dont certains filons traversant le Trias se montrent coupés par cette surface d'érosion). Cette pénéplaine, évidemment consécutive à la dernière grande surrection du massif ancien, est vraisemblablement d'âge tertiaire très récent et l'on voit, dans la région du Manambao supérieur, les terrasses du Quaternaire ancien s'y encaisser, nettement, avec des terrasses plus basses et plus récentes.

Or, les deux systèmes conjugués de dislocations de cette région ont été souvent vulcanisés, livrant passage à des roches variées, les unes acides, les autres basiques. Parmi les appareils volcaniques correspondants, très analogues à ceux des Comores, les plus importants se montrent nettement superposés à la grande pénéplaine de la fin du Tertiaire; d'autres, plus petits et d'un caractère de fraîcheur parfait, analogues aux volcans récents de la région d'Antsirabe en ce qui concerne l'Emyrne, sont superposés à la terrasse quaternaire ancienne.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Mesures magnétiques en Bretagne.* Note de M. **Ch. Maurain**, transmise par M. Daniel Berthelot.

J'ai continué en juin, août et septembre 1923 les mesures magnétiques commencées en 1922 en Bretagne en vue de l'établissement d'un nouveau réseau magnétique de la France [1]. Des mesures de la Déclinaison D, de

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 847.

l'Inclinaison I et de la Composante horizontale H du champ magnétique terrestre ont été faites dans 45 stations, dont 18 aussi voisines que possible d'anciennes stations de Moureaux. Chaque mesure a été faite en double dans toutes les stations sauf une (Pointe du Raz). Le Tableau suivant donne les valeurs rapportées au 1[er] janvier 1922. Les noms des stations nouvelles sont en italiques. Les résultats relatifs à Concarneau ont été manifestement faussés, probablement par la présence de quelque objet en fer enterré, et ne sont pas donnés.

	D.	I.	H.	Sit. magnétique.
MORBIHAN.				
	° ′	° ′		
Auray	15.23,8	64.22,3	19914	Un peu agitée
Baud	14.54,7	64.18,0	19848	Presque calme
Grandchamp-Pont du Loc	14.18,8	64.23,8	19869	Presque calme
Groix (Ile)	14.43,9	64.21,6	19894	Presque calme
Guéméné-sur-Scorf	14.35,0	64.31,2	19782	Presque calme
Guillac (La Pyramide)	13.58,4	64.21,3	19896	Un peu agitée
Houat (Ile)	14.21,1	64. 5,2	20084	Presque calme
Josselin	14.57,5	64.21,3	19743	Agitée
Lantillac	14.15,6		19872	Un peu agitée
Le Faouet	14.48,9	64.42,0	19765	Calme
Le Palais (Belle-Ile)	14.26,3	64. 8,7	20056	Calme
Locmaria (Belle-Ile)	14.19,6	63.59,3	20085	Calme
Locminé	14.17,1	64.25,5	19848	Presque calme
Lorient	14.44,3	64.32,8	19756	Presque calme
Malansac	14.10,8	64.10,3	20018	Calme
Malestroit	14.10,7	64.22,9	19900	Presque calme
Mauron	"	64.30,1	19799	Agitée
Muzillac	14.12,9	64.13,2	20007	Presque calme
Ploermel	14. 7,8	64.21,0	19940	Très agitée
Questembert	14.16,2	64.18,8	19971	Presque calme
Quiberon	14.23,7	64.14,0	20061	Un peu agitée
Saint-Jean-Brevelay	14.21,1	64.23,3	19925	Presque calme
Sarzeau	14.18,2	64.11,9	20023	Un peu agitée
Vannes	14.18,1	64.24,1	19941	Calme
COTES-DU-NORD.				
Broons	"	64.38,8	19712	Presque calme
Chatelaudren	14.20,7	64.55,5	19663	Presque calme
Merdrignac	14.20,1	64.42,3	19797	Calme
Modé (*Ile*)	"	64.22,1	"	Calme
Moncontour	14.24,9	64.43,6	19625	Presque calme

	D.	I.	H.	Sit. magnétique.
FINISTÈRE.				
Audierne	15°.13′,6	64°.47′,7	19712	Presque calme
Briec-Quemeneven	14.22,5	64.48,7	19638	Presque calme
Camaret	15.18,4	64.55,7	19576	Un peu agitée
Châteaulin	15.10,6	65.53,6	19637	Presque calme
Crozon	"	64.52,7	19574	Calme
Douarnenez	15.10,0	64.49,7	19766	Presque calme
Fouesnant-Begmeil	14.54,9	64.32,5	19799	Presque calme
Landerneau	"	65. 1,5	19488	Presque calme
Le Faou-Hanvec	15. 2,7	64.50,7	19550	Un peu agitée
Penmarch-St-Guénolé	"	64.28,5	19836	Un peu agitée
Pont l'Abbé	15. 1,9	64.34,5	19832	Un peu agitée
Quimper	15. 2,0	64.37,5	19753	Calme
Quimperlé	14.36,9	64.33,3	19812	Presque calme
Pointe du Raz	15.16,0	64.48,7	19701	Calme
Rosporden	14.55,0	64.37,6	19775	Calme

Pour celles de ces stations qui sont d'anciennes stations de Moureaux, les différences entre les valeurs précédentes et les valeurs obtenues par Moureaux, rapportées au 1er janvier 1896, donnent les variations séculaires pendant l'intervalle 1896-1922. J'ai montré, d'après les résultats obtenus dans une étude détaillée d'une région de forte anomalie (1) que cette mesure de la variation séculaire dans une région à anomalie accentuée n'est correcte que si les deux séries de mesures ont été faites en des points très voisins; je crois donc devoir éliminer dans cette comparaison la station de Josselin, où je n'ai pu opérer au point désigné par Moureaux, près duquel a été établie une barrière de fer: Josselin est en effet justement dans la région de forte anomalie que j'ai étudiée en détail. Pour les autres stations communes, je me suis placé aussi exactement que possible aux points désignés par Moureaux.

Les variations séculaires obtenues ont comme valeurs moyennes :

Pour D, $-2°53',8$ (avec, comme valeurs extrêmes, $-2°49',3$ et $-3°2',7$); pour I, $-40',1$ (valeurs extrêmes $-31',7$ et $-47',5$); pour H, 30,6 unités du quatrième ordre (valeurs extrêmes 20,6 et 41,1). Ces valeurs moyennes sont voisines de celles que j'avais obtenues l'an dernier à peu près dans la même région, qui étaient $-2°53',5$, $-41'$ et 28. Guillac fournit les deux valeurs les plus différentes de la moyenne pour I et H ($-31,7$ et 20,6); les

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 508.

stations autres que Guillac donnent des valeurs comprises entre —35,9 et —47,5 pour I, et entre 27,1 et 41,1 pour H.

Ces différences entre les diverses valeurs obtenues pour la variation séculaire d'un même élément me paraissent confirmer l'existence d'une déformation du champ magnétique terrestre en Bretagne, que j'ai indiquée à la suite de mes mesures de 1922. Comme je l'ai dit à ce moment, de telles déformations locales doivent être liées à des modifications dans la disposition ou les propriétés des couches sous-jacentes; elles sont peut-être en relation avec les mouvement sismiques.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Mesures magnétiques en Bretagne (Ille-et-Vilaine et Loire-Inférieure).* Note de M. E. **Tabesse**, transmise par M. Daniel Berthelot.

Ces mesures ont été effectuées dans les départements d'Ille-et-Vilaine et de la Loire-Inférieure au cours du printemps et de l'été 1923.

Les appareils employés sont ceux de d'Abbadie, prêtés par l'Académie des Sciences. Le théodolite a été construit par les frères Brunner et la boussole par M. Laderrière. Ils ont été comparés aux appareils du Val-Joyeux.

Les stations visitées sont au nombre de quarante. Parmi elles figurent quinze stations de l'ancien réseau de Moureaux. En outre, nous avons effectué trois groupes de mesures à Condé-sur-Noireau (Calvados). Les valeurs obtenues sont rapportées au 1er janvier 1922 et les noms des stations nouvelles sont en italique.

Tableau des résultats.

Stations et Départements.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
Aigrefeuille (Loire-Inférieure).......	13°.36′,6	63°.38′,3	0,20306	calme
Ancenis (Loire-Inférieure)..........	13.34,5	63.53,6	0,20175	presque calme
Antrain (Ille-et-Vilaine)............	13.53,6	64.44,4	0,19699	presque calme
Bain-de-Bretagne (Ille-et-Vilaine)....	13.45,1	64.14,7	0,19975	presque calme
Bourg-des-Comptes (Ille-et-Vilaine)..	13.57,7	64.21,0	0,19905	calme
Cancale (Ille-et-Vilaine)............	14. 8,4	64.59,0	0,19588	presque calme
Châteaubriant (Loire-Inférieure)....	13.29,8	64.20,8	0,19826	peu agitée
Combourg (Ille-et-Vilaine)..........	13.52,8	64.42,4	0,19721	calme
Fougères (Ille-et-Vilaine)...........	13.43,5	64.35,1	0,19792	calme
Grand Fougeray (Ille-et-Vilaine).....	13.52,3	64.20,7	0,19916	peu agitée

Stations et Départements.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
	° ′	° ′		
Guichen (Ille-et-Vilaine)............	13.56,2	64.24,4	0,19900	calme
Herbignac (Ille-et-Vilaine).........	14.10,0	63.55,2	0,20107	calme
Janzé (Ille-et-Vilaine)..............	13.44,3	64.20,5	0,19936	calme
La Brohinière (Ille-et-Vilaine).......	13.50,8	64.33,1	0,19841	calme
Laillé (Ille-et-Vilaine)..............	13.54,2	64.25,3	0,19900	calme
Le Pertre (Ille-et-Vilaine)...........	13.40,1	64.22,9	0,19877	presque calme
Louvigné-du-Désert (Ille-et-Vilaine)..	13.45,3	64.45,6	0,19722	presque calme
Machecoul (Loire-Inférieure)........	13.47,8	63.36,3	0,20283	presque calme
Martigné-Ferchaud (Ille-et-Vilaine)...	13.37,4	64.19,7	0,19940	presque calme
Maure (Ille-et-Vilaine)..............	13.46,6	64.17,0	0,19992	calme
Montfort-sur-Meu (Ille-et-Vilaine)...	13.56,7	64.30,8	0,19839	calme
Nantes (Loire-Inférieure)...........	13.39,6	63.46,1	0,20228	calme
Noirmoutier (Loire-Inférieure).......	14. 0,6	63.40,8	0,20291	calme
Nort (Loire-Inférieure)..............	13.42,7	63.58,1	0,20121	presque calme
Nozay (Loire-Inférieure).............	13.50,0	64.10,9	0,20025	presque calme
Paimbœuf (Loire-Inférieure)........	13.57,3	63.40,2	0,20312	peu agitée
Paimpont (Ille-et-Vilaine)..........	14. 6,8	64.24,7	0,19870	presque calme
Plélan-le-Grand (Ille-et-Vilaine).....	14. 5,9	64.26,3	0,19827	presque calme
Pornic (Loire-Inférieure)............	13.58,4	63.48,4	0,20232	presque calme
Redon (Ille-et-Vilaine).............	14.59,3	64.11,7	0,20018	agitée
Rennes (Ille-et-Vilaine)............	13.48,4	64.26,3	0,19847	peu agitée
Rennes St-Hellier (Ille-et-Vilaine)...	13.50,3	64.24,7	0,19902	presque calme
St-Philbert-de-Grand-Lieu (L.-Inf.)..	13.37,4	63.40,4	0,20331	presque calme
Saint-Malo (Ille-et-Vilaine)..........	14. 6,7	64.50,6	0,19625	calme
Saint-Nazaire (Loire-Inférieure).....	14. 3,4	63.50,4	0,20162	presque calme
Savenay (Loire-Inférieure)..........	13.54,9	63.52,4	0,20162	presque calme
Sion (Loire-Inférieure).............	13.40,1	64.13,1	0,20023	calme
Vallet (Loire-Inférieure)............	13.26,2	63.39,8	0,20302	presque calme
Vieillevigne (Loire-Inférieure).......	13.34,5	63.32,6	0,20353	presque calme
Vitré (Ille-et-Vilaine)..............	13,44,0	64.26,1	0,19840	presque calme
Condé-sur-Noireau (Calvados).......	13.33,9	64.57,6	0,19554	presque calme

En comparant les résultats précédents avec ceux obtenus par Moureaux et rapportés au 1er janvier 1896, on obtient la variation séculaire pour la période 1896-1922.

En éliminant les résultats de Châteaubriant, qui révèlent une anomalie purement locale, les variations séculaires trouvées ont comme valeur moyenne : pour D, $-2°54',5$ (valeurs extrêmes, $-2°47'$ et $-2°58'$); pour I, $-41'$ (valeurs extrêmes, $-36'$ et $-49'$) et pour H, $+0,00262$ (valeurs extrêmes, 0,0021 et 0,0034).

M. Maurain a trouvé pour ces mêmes grandeurs [1], et comme résultats de mesures faites en Bretagne en 1922, les valeurs respectives suivantes : $\Delta D = -2°53',5$ (valeurs extrêmes, $-2°48'$ et $-3°$), $\Delta I = -41'$ (valeurs extrêmes, -33 et -47), $\Delta H = 0,0028$ (valeurs extrêmes, 0,0021 et 0,0035).

Les variations séculaires déduites des mesures que nous avons nous-mêmes effectuées sont sensiblement les mêmes que ces dernières. Elles impliquent donc les mêmes remarques relativement aux différences avec les variations séculaires obtenues pour la région parisienne, à la déformation du champ magnétique dans la région bretonne et aux causes qui produisent cette déformation.

AGRICULTURE. — *Sur la forme de l'azote la plus favorable aux plantes supérieures.* Note de MM. **G. Truffaut** et **N. Bezssonoff**, transmise par M. L. Maquenne.

Pour étudier l'influence des diverses formes de l'azote nous avons en 1920 entrepris une expérience sur des moutardes blanches par séries de 10 pots contenant chacun $14^{kg},370$ d'une terre très légèrement alcaline ($P_H = 7,27$) à $1^g,12$ d'azote au kilo. Chaque pot avait reçu $6^g,6$ d'un engrais complet dosant 5,1 de P^2O^5; 2,9 de K^2O; 2,9 de MgO et 5 pour 100 d'azote sous différentes formes; dans la première série, le phosphate d'urée renfermait les $\frac{4}{5}$ de l'azote total et la cyanamide, par conséquent, $\frac{1}{5}$.

Les rendements en matière verte, par rapport au témoin supposé égal à 100, ont été les suivants :

Phosph. d'urée cyanamide.	Phosphate d'urée seul.	Sulfate d'amm. seul.	Nitrate de soude seul.	Méthylamine.	Asparagine.
173	169,4	167,3	167,3	154,4	154

La méthylamine et l'asparagine ont donné des récoltes nettement inférieures à celles qu'on a obtenues avec les autres formes de l'azote, mais une légère supériorité se manifeste en faveur du mélange phosphate d'urée-cyanamide; il semblait alors intéressant de rechercher si l'augmentation de

(1) Ch. Maurain, *Mesures magnétiques en Bretagne* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 847).

rendement n'était pas due à la présence du mélange azote ammoniacal et azote amidé.

Pour le savoir, en 1921 nous avons mis en route une nouvelle série d'essais sur moutarde blanche dans quatre séries de 5 pots contenant chacun $6^{kg},600$ d'une terre légèrement acide ($P_H = 6,36$) avec $6^g,6$ d'un engrais complet titrant 4 pour 100 d'azote. On a ainsi obtenu les résultats suivants :

Témoin.	$\frac{1}{2}$ N ammoniacal. $\frac{1}{2}$ N uréique.	$\frac{3}{4}$ N ammoniacal. $\frac{1}{4}$ N de cyanamide.	Sulfate d'ammoniaque seul.
100....	259	223	163

Ces essais confirmant que l'addition d'urée au sulfate d'ammoniaque augmente considérablement les rendements, nous avons cru nécessaire d'en entreprendre d'autres en plein champ. Les suivants ont été effectués en 1922 au Chesnay (Seine-et-Oise), dans une terre alcaline contenant $1^g,26$ pour 100 de $CaCO^3$, sur des moutardes, des orges, des betteraves fourragères et des pommes de terre. Chaque parcelle, de $7^{m^2},75$ de surface, avait reçu 100^g par mètre carré d'un engrais à 4,25 pour 100 d'azote ; dans une série d'essais 10 pour 100, dans une autre seulement 5 pour 100 de l'azote ammoniacal ont été remplacés par l'azote de l'urée. Les résultats, rapportés à la moyenne 100 des témoins, ont été les suivants :

	Moutarde en vert.	Orge (grains).	Betteraves (racines).	Pommes de terre.
Sulfate d'ammoniaque seul....	124,6	119	89,8	120,2
$\frac{9}{10}$ N ammoniacal............ $\frac{1}{10}$ N uréique................	125,9	102,6	118,2	118,5
$\frac{19}{20}$ N ammoniacal............ $\frac{1}{20}$ N uréique................	134,4	158	118	134,4

Conformes aux précédents ils montrent en outre que l'azote uréique est plus favorable à la dose de 5 pour 100 de l'azote total qu'à celle de 10 pour 100.

En 1923 nous avons procédé à une nouvelle série d'expériences en plein champ pour savoir si les mêmes effets se produisent : 1° quand on remplace l'azote ammoniacal par de l'azote nitrique ; 2° quand la terre est acide au lieu d'être alcaline ; 3° enfin si les mélanges contenant de l'urée

permettent, sans diminuer les rendements, de réduire le taux d'azote dans l'engrais complet employé.

Les expériences ont été faites à Toussus-le-Noble (Seine-et-Oise) dans une terre acide ($P_H = 6,64$) contenant $1^g,37$ d'azote au kilo, normale ou marnée à raison de 2250^{kg} à l'hectare. Chaque parcelle, de $5^{m^2},44$ de superficie, avait reçu 100^g par mètre carré d'un engrais renfermant 2 ou 3 pour 100 d'azote total; de plus, chaque série de quatre parcelles en comprenait une ayant reçu à la même dose un engrais semblable titrant 4 pour 100 d'azote ammoniacal. On a ainsi obtenu les résultats suivants, par rapport au rendement témoin égal à 100.

	Carottes terre acide.		Pommes de terre terre acide.		Moutarde terre acide.		Moutarde terre marnée.	
Azote p. 100..	3	2	3	2	3	2	3	2
SO^4Am^2 seul.	89,9	89,6	76,3	89,2	125	120	96,7	112,9
Urée seule...	98,6	105,7	79,8	85,3	112,2	111,7	104,2	101,9
$NaNO^3$ seul..	114,1	95,3	114,3	110,3	143,3	147,5	103,8	108
Cyanamide...	101,7	79,7	98,1	79,8	116,4	129,6	91,7	94,3
$\frac{1}{2}$ N nitrique.. $\frac{1}{2}$ N uréique..	107,6	116,8	138,2	104,6	132,6	157,5	111,6	115,6
$\frac{1}{2}$ N ammon... $\frac{1}{2}$ N uréique..	90,8	81,2	108,2	111,5	133,6	132,5	127,1	118,2

L'engrais à 4 pour 100 d'azote ammoniacal avait donné comme rendements : 130,7 sur la moutarde en terre acide, 105,1 sur la même plante en terre marnée, 99 sur la carotte et 101 sur la pomme de terre, l'une et l'autre en terre non marnée.

En résumé, de ces quatre années d'expériences, nous pouvons conclure que : 1° Les mélanges comportant de l'azote uréique montrent une supériorité manifeste sur les sels ammoniacaux, les nitrates, la cyanamide et même l'urée employés seuls.

2° Cette supériorité se manifeste aussi bien en sol acide qu'en sol alcalin; dans le premier cas, les meilleurs rendements ont été obtenus avec le mélange urée-nitrate de soude; dans le second, avec le mélange urée-sulfate d'ammoniaque. Ces deux types de mélanges ont permis de réduire la dose d'azote total dans l'engrais complet de 3 à 2 pour 100, tout en augmentant généralement le poids des récoltes.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Coexistence de l'amidon et de l'inuline chez certaines Composées.* Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Depuis longtemps l'inuline a été signalée dans diverses plantes dans lesquelles elle se trouve en dissolution dans le suc cellulaire. Kraus (¹) l'a indiquée exceptionnellement dans les voies de transport. J'ai le premier étudié sa répartition dans les capitules des Composées; à cet effet je me suis servi de la méthode microchimique qui permet seule de reconnaître la localisation de cette substance dans les divers tissus et, dans les coupes en séries, de déceler la présence même d'un sphérocristal isolé. J'ai fait voir que l'inuline constitue, pendant le développement de l'appareil reproducteur, une réserve de courte durée localisée dans les parties *incolores* du réceptacle, des bractées de l'involucre et des parties florales, et qu'elle *disparaît totalement* lors de la maturité des graines qui n'en contiennent jamais à ce moment (²).

En 1891 j'ai, le premier également, indiqué que l'inuline ne passe pas, sous sa forme chimique, d'une Composée qui en fabrique chez une autre qui n'en fabrique pas, lorsqu'on les greffe entre elles; ce fait fut confirmé (1894) par Vöchting chez les greffes d'*Helianthus* (³). En 1895, j'ai montré que l'inuline dans les greffes de Topinambour sur Soleil annuel peut être *utilisée* cependant sous une autre forme par celui-ci qui la polymérise probablement en cellulose et l'emploie à la fabrication d'un bois épais et très dur (⁴). Depuis, j'ai constaté, à l'aide d'hyperbioses ou surgreffes, que l'inuline fabriquée par un hyperbiote Topinambour *descend* au travers du mésobiote Soleil (bien qu'on ne puisse la déceler dans

---

(¹) Kraus, *Bot. Zeit.*, 1887.

(²) Lucien Daniel, *Sur la présence de l'inuline dans les capitules d'un certain nombre de Composées* (*C. R. de la Société de Biologie*, 19 mars 1889); *Recherches anatomiques et physiologiques sur les bractées de l'involucre des Composées* (*Ann. des Sc. nat. Bot.* 1890).

(³) Vöchting, *Ueber die durch Pfropfen herbeigeführte Symbiose des* Helianthus tuberosus *und* H. annuus, 12 juli 1894.

(⁴) Lucien Daniel, *Recherches anatomiques sur les greffes herbacées et ligneuses*, Rennes, 1895.

celui-ci) et que, probablement, il se produit une destruction à l'entrée dans le Soleil et une reconstruction à la sortie.

Pendant longtemps on a prétendu que l'amidon et l'inuline ne peuvent coexister dans la même plante et que, si des organes contenant des produits lévogyres sont en contact avec d'autres parties renfermant des corps dextrogyres, la séparation est aussi nette que tranchée. Cependant l'existence simultanée de l'amidon et de l'inuline qui a été signalée dans les écailles des bulbes des *Gàlanthus* et des *Leucoïum* montre que cette conception est exagérée.

Récemment, j'ai trouvé à la fois de l'amidon et de l'inuline dans des coupes transversales effectuées dans le pédoncule et la base du réceptacle des capitules chez les *Helianthus tuberosus* et les *H. multiflorus* greffés ou surgreffés sur Soleil annuel. Une seule fois, j'ai constaté de même la présence simultanée de ces deux corps dans les coupes d'une portion de rameau latéral chez un Topinambour greffé. L'amidon était localisé dans l'endoderme; l'inuline, dans les parenchymes incolores et dans les vaisseaux ligneux qui en étaient parfois presque complètement remplis. Cette pénétration dans les tissus conducteurs était favorisée par les variations de dynamique cellulaire consécutive à la symbiose et causées par le bourrelet ainsi que par les différences de capacités fonctionnelles entre les associés. Elle existait non seulement chez le Topinambour mais aussi chez les mésobiotes des surgreffes quand ceux-ci étaient des plantes fabriquant normalement de l'inuline.

J'ai recherché si la coexistence de l'amidon et de l'inuline se retrouvait chez les plantes autonomes fabriquant ce dernier produit. Je l'ai observée très nettement dans le pédoncule du capitule, vers son sommet, et à la base du réceptacle dans le *Jurinea alata* et diverses Centaurées. Les proportions relatives de ces corps varient suivant le niveau des coupes et l'âge relatif des organes. Tantôt l'un ou l'autre prédomine; tantôt l'un manque complètement ou même les deux peuvent manquer à la fois, et l'on conçoit qu'il en soit ainsi puisqu'on sait depuis longtemps que l'inuline apparaît vers la fin de la végétation tandis que l'endoderme de la tige cesse d'être amylifère à partir d'un certain âge.

Je me propose de continuer ces recherches. Bien qu'elles n'aient porté que sur un petit nombre de Composées fabriquant de l'inuline dans leurs capitules, elles suffisent à montrer que les données, considérées comme classiques, n'ont pas le caractère général qu'on leur a attribué. Suivant les circonstances ou les besoins du moment, certaines espèces peuvent, successivement ou simultanément, fabriquer de l'amidon et de l'inuline et conserver celle-ci dans les parenchymes ou la faire pénétrer dans les tissus conducteurs.

PHYSIOLOGIE. — *Contribution à la théorie de l'action des lysines du sérum.* (Extrait.) Note (¹) de M. E. **Poyarkoff**, présentée par M. F. Mesnil.

On sait, d'après les recherches d'Eisler, que l'hémolysine du sérum agit le plus rapidement à une concentration déterminée de sels neutres. J'ai vérifié ce fait pour l'hémolysine du lapin, immunisé avec les hématies de mouton et aussi pour la spermotoxine naturelle du sérum de lapin. J'ai constaté de plus que la concentration des sels neutres pour laquelle l'action des lysines est maximum, et que j'appellerai concentration critique, peut être déterminée avec une assez grande précision.

La position du point critique est fonction de la valence des cations des sels étudiés. Ce point oscille entre 60 et 33 millimolécules pour différents sels de métaux univalents (K, Na); entre 4,7 et 2,8 millimolécules pour les métaux bivalents (Ca, Sr, Ba), sauf le magnésium qui occupe une place intermédiaire entre les deux groupes et enfin entre 0,27 et 0,16 millimolécules pour l'aluminium, métal trivalent. Les anions jouent un rôle minime.

Il y a lieu de rapprocher ces faits du rôle prépondérant que jouent les cations des sels neutres dans la coagulation des colloïdes lyophobes négatifs (règle de Schultze). Les concentrations critiques indiquées plus haut sont très voisines de celles qui produisent la coagulation du trisulfure d'arsenic.

La règle de Schultze paraît bien représenter un trait général commun à tous les processus d'immunité. Bechhold l'a déjà signalé en ce qui concerne l'agglutination. Si cette règle est applicable aux processus d'hémolyse et de spermolyse, il faut en conclure que ce sont bien des processus de coagulation, comme on l'avait déjà soupçonné.

(¹) Séance du 4 février 1924.

Le phénomène initial consiste, dans l'un et l'autre cas, en une combinaison de la substance active avec une substance de la paroi (de l'hématie ou du spermatozoïde). La combinaison, de caractère lyophobe, coagule sous l'action des sels du milieu. Ce mécanisme paraît être commun à tous les processus d'immunité.

On sait que les albuminoïdes sont des colloïdes lyophiles. La grande sensibilité de l'alexine à l'action des sels des métaux bivalents et trivalents fait supposer qu'elle est un colloïde lyophobe qui communique ses propriétés à sa combinaison avec l'antigène. Cette combinaison, qui se coagule sous l'action des cations, doit être un colloïde négatif. L'alexine doit aussi porter une charge négative. De même les bactéries, les hématies, les spermatozoïdes, etc., portent une charge négative. J'ai constaté d'autre part que la fixation de la sensibilisatrice est ralentie par les anions, non par les cations. On est ainsi amené à penser que l'antigène, à charge négative, fixe la sensibilisatrice chargée positivement, puis que l'antigène sensibilisé fixe l'alexine à charge négative. C'est au moins là une hypothèse qui doit être l'objet de recherches ultérieures.

L'existence de points critiques paraît tenir à ce que l'accroissement de la concentration des sels ralentit d'une part la fixation de l'alexine par l'élément sensibilisé et d'autre part accélère la coagulation de la combinaison formée par l'antigène et l'anticorps. La position du point critique paraît dépendre de la nature de l'alexine et peut donc servir à distinguer les diverses alexines.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La fabrication du fromage du Cantal et les moyens de réaliser la pureté de la fermentation lactique qui assure sa maturation normale*. Note de M. **L. Mazé**, présentée par M. Roux.

Les principes de la fabrication des fromages à pâte pressée découlent de ceux qui régissent les industries des fromages à pâte molle [1].

Le caillé fortement pressé présente une croûte plus ou moins cornée que le salage tend à imperméabiliser par déshydratation; ces sortes de fromages ne portent pas de végétation superficielle spécifique participant à la maturation de la pâte. Les transformations qui s'y accomplissent au cours de l'affinage sont dues à l'action de la présure, comme je l'ai déjà dit, la présure solubilisant peu à peu la caséine en milieu acide, et à celle des

---

[1] P. Mazé, *Technique fromagère* (*Annales de l'Institut Pasteur*, t. 24, 1920, p. 395, 435 et 543).

ferments lactiques qui travaillent dans le même sens tout en exaltant l'action de la présure.

La fabrication des fromages à pâte pressée est donc plus simple que celle des fromages à pâte molle, elle est aussi plus facile à conduire, et elle est plus indépendante des conditions saisonnières; elle se prête donc bien à la création de grandes industries dans les régions où la production du lait est abondante, et elle complète de façon très heureuse celle des fromages à pâte molle parce qu'elle permet de tirer un bon parti des excédents de lait d'été.

Les principales variétés de fromages à pâte pressée qui remplissent le mieux ce rôle sont par ordre de simplicité technique : le Cantal, le Port-du-Salut, l'Edam, le Gouda, le Chester, le Cheddar, le Grana, le Comté (Gruyère) et l'Emmenthal.

Fromage du Cantal. — La fabrication du Cantal est encore aujourd'hui une fabrication de ferme. Elle a été étudiée et décrite minutieusement par Duclaux. Elle est la plus simple et la plus rationnelle de toutes celles que nous devons à l'observation empirique et à cause de cela même, les fromages du Cantal figureraient parmi les plus estimés des fromages à pâte pressée, si le lait mis en œuvre était recueilli avec tous les soins nécessaires.

Le lait tel qu'il sort de l'étable est mis en présure à la température qu'il possède à ce moment.

Le fromager prépare d'abord une sorte de fromage transitoire la tome avec tout le lait d'une traite. Les tomes sont broyées au moulin à caillé dès qu'il y en a assez pour remplir le moule en usage dans la fromagerie.

La matière divisée est salée à raison de 2 à 3 pour 100 de sel, moulée et pressée jusqu'à ce qu'il ne s'en écoule plus de sérum. Le fromage obtenu (fourm) est maintenu dans les caves à une température de 4° pendant toute la durée de la maturation, environ 6 à 8 mois.

Ce qui distingue cette technique c'est sa simplicité, mais ce qui est étonnant, par contre, c'est l'absence de toute opération consciente destinée à assurer empiriquement le développement d'une fermentation régulière du caillé.

Un lait privé de ferments lactiques est impropre à la fabrication des fromages, car la pâte devient nécessairement le siège d'une fermentation putride. C'est ce qui arrive trop souvent pour le Cantal; c'est ce qui se produit aussi avec l'Emmenthal et le Gruyère, si la macération de caillette qui sert de levain est trop pauvre en ferments lactiques. Il ne suffit donc pas de prendre tous les soins nécessaires pour recueillir du lait privé de microbes; il est en outre indispensable d'assurer le départ d'une fermen-

tation lactique active par l'addition de lait acide et mieux de levain lactique pur.

Dans ces conditions, une fabrication aussi simple et aussi logique que celle du Cantal fournit régulièrement des fromages d'excellente qualité.

Les ferments lactiques du Cantal sont les mêmes que ceux du beurre et des fromages à pâte molle, et comme la pâte reste franchement acide jusqu'à la fin de la maturation, les qualités du fromage relèvent exclusivement de l'influence de la fermentation lactique pure qui donne à tous les produits de la laiterie un goût de noisette et un bouquet de crème fermentée.

La quantité de levain à employer est relativement faible; l'augmentation d'acidité qui en résulte ne doit pas dépasser 5^{cg} d'acide lactique par litre.

Pour 100 litres de lait, il suffit donc de $0^{l},500$ de levain titrant $11^{g},5$ d'acide lactique au litre ou, ce qui revient au même, à :

1 litre	titrant	$6^{g},6$	d'acide par litre.
2	»	$4^{g},2$	»
3	»	$3^{g},5$	»

Il est donc possible d'ensemencer tous les levains directement avec des cultures pures fournies par le laboratoire.

Les données à appliquer à la fabrication du Cantal sont alors les suivantes :

Volume de levain pour 100 litres de lait	$0^{l},500$
Présure : Quantité suffisante pour que le début de la coagulation soit perceptible au bout de 10 minutes. Durée totale de la coagulation	50 minutes
Température du lait au moment de la mise en présure	32°C.
Température de la laiterie	15-17°C.
Température de la cave	11°C.

Mais toutes ces données perdent une grande partie de leur valeur si le lait n'est pas recueilli dans des conditions de propreté irréprochables que j'ai maintes fois détaillées.

La température de 11° est celle que l'on cherche à réaliser dans toutes les caves parce qu'elle atténue beaucoup les mauvais effets des microbes du fumier; mais les fromages qui ne renferment que des ferments lactiques peuvent être portés sans inconvénient à la température de 15-16°; la maturation se fait alors deux fois plus tôt.

Il est indispensable, d'autre part, de soigner la croûte du fromage. On la mouillera donc légèrement de temps à autre de saumure, pendant les trois premières semaines de séjour à la cave; on la brossera simplement par la suite jusqu'au moment où la pâte aura atteint son taux normal d'humidité

et on l'induira, à deux ou trois reprises, d'huile de lin de bonne qualité. Le fromage se présentera dans ces conditions, comme les produits similaires, avec une croûte lisse et propre qui contribuera à son succès auprès des consommateurs.

MICROBIOLOGIE. — *Dissémination des levures dans les vignobles par les insectes. Mutualisme entre levures et drosophiles.* Note de MM. **Edm. Sergent** et **H. Rougebief**, présentée par M. Roux.

Lorsque Pasteur montra que la fermentation du jus de raisin est due aux levures se trouvant sur la pellicule des grains mûrs, il établit aussi, par sa célèbre expérience des plants de vigne mis sous serre à Arbois, que les levures n'existent pas sur le verjus; elles apparaissent sur les grains seulement au moment de la maturité; elles y viennent par la voie de l'air.

On a voulu, plus tard, préciser le mode de transport des levures : deux théories furent émises : celle d'Hensen, admettant que la levure du vin hiverne dans le sol, d'où elle revient sur les fruits par les poussières; celle de Boutroux, Wortmann, Berlese, Grenet, indiquant les insectes comme principaux vecteurs.

Nous apportons les résultats de recherches sur le mode de transport des levures. Nous nous sommes servis de cages de $1^{m},60$ de côté et, sous chacune, nous avons isolé un plant de vigne [1] dans les conditions suivantes :

1. *Cage* A : à châssis entièrement vitrés, arrêtant strictement, outre les insectes, toutes les poussières. 2. *Cage* B : à châssis entièrement recouverts d'un grillage à mailles de $1^{mm},6$ d'ouverture ; arrêtant la majorité des insectes mais permettant l'introduction des poussières. 3. *Cage* C : à châssis grillagés conformément à B, mais munis de vingt petites nasses facilitant l'entrée des insectes et permettant de les retenir prisonniers : les poussières pénètrent là comme en B et les insectes plus facilement [2]. Des plants voisins, laissés à l'air libre, servent de témoins.

C'est au début de juillet que les cages sont placées sur les plants. Le raisin est alors en verjus : quelques grains prélevés aseptiquement de chaque plant et ensemencés en moût stérile ne donnent lieu à aucune fermentation.

---

[1] Plant de Carignan de 7 ans. Ces expériences ont eu lieu à Kouba, près d'Alger, dans le domaine de M. Grellet que nous remercions vivement de son aimable collaboration.

[2] En B nous n'avons pas capturé d'insectes. En C nous avons capturé des guêpes, papillons, mouches, chironomides, drosophiles : 1 chironomide et 10 drosophiles introduits aseptiquement chacun dans un tube de moût stérile les firent fermenter.

A la mi-septembre le raisin est mûr; on prélève aseptiquement, dans des bocaux stériles, les grappes de chacune des serres et quelques grappes des plants témoins; un certain nombre de grains, sans pédoncule, pris à ces grappes sont introduits un à un dans des tubes de moût stérile.

Nous avons eu ainsi 834 tubes; voici le résumé des constatations établies par l'observation quotidienne de chacun d'eux pendant un minimum de 21 jours.

1° Le raisin mûri en A, c'est-à-dire à l'abri des poussières et des insectes, n'a donné spontanément de fermentations dans aucun cas (¹) : 298 tubes observés restèrent limpides et sans aucun dégagement gazeux.

2° Le raisin mûri en B, c'est-à-dire exposé aux poussières atmosphériques (²), mais protégé sensiblement (³) du contact des insectes, a fermenté dans une très faible proportion : sur 137 tubes observés, 2 seulement fermentèrent.

3° Le raisin mûri en C, c'est-à-dire dans des conditions identiques à celles du raisin mûri en B, par rapport aux poussières, mais plus exposé au contact des insectes, a fermenté dans une grande proportion : sur 149 tubes, 47 montrèrent des fermentations.

Le raisin des plants témoins, mûri à l'air libre, fermenta dans une plus grande proportion encore : sur 170 tubes observés, 125 montrèrent des fermentations.

De plus, dans 14 tubes, nous avons observé, dès le deuxième ou troisième jour de fermentation, l'apparition de petites larves qui grossirent, pupèrent et donnèrent des insectes adultes du genre Drosophile (⁴). Ces insectes apparurent exclusivemeut dans les tubes ayant présenté des fermentations. On trouva dans leur intestin des levures d'apparence normale.

En résumé, le nombre des grains porteurs de levures est en rapport direct avec les facilités de contamination par les insectes. Comparant les cages B et C, où les chances de pénétration étaient égales pour les poussières, différentes pour les insectes, on constate que c'est dans le même sens que ces derniers que la proportion des levures a varié. D'autre part, les droso-

---

(¹) Nous avons vérifié que le jus de ces raisins était pourtant fermentescible : stérilisé et ensemencé avec une levure pure de laboratoire, il fermenta parfaitement.

(²) Des pluies (120^{mm}) au début de septembre ont dû aider à la pénétration des poussières, entraînant à l'intérieur celles des parois supérieure et latérale.

(³) Nous avons constaté que les drosophiles passent à travers des ouvertures de $1^{mm},6$ de côté : pour les arrêter complètement il faut des mailles de $0^{mm},6$ de côté.

(⁴) Il s'agit de *Drosophila ampelophila* Lw (= *melanogaster* Meigen), détermination qu'a bien voulu nous faire M. le Dr Villeneuve.

philes naquirent exclusivement dans les tubes où des fermentations s'étaient manifestées : sur 174 tubes ayant présenté des fermentations, 14 montrèrent des drosophiles; sur 754 tubes n'ayant jamais présenté de fermentation, aucun ne montra de drosophile. On constate ainsi une relation entre la fermentation et l'évolution des œufs de drosophiles. Or Delcourt et Guyénot ont établi que les drosophiles se nourrissent de levures.

En conclusion : au cours de nos expériences, les poussières n'ont joué aucun rôle dans la dissémination des levures sur les raisins. On peut au contraire attribuer un rôle important aux drosophiles. Les rapports entre la levure et le drosophile présentent les caractères d'un véritable mutualisme, c'est-à-dire qu'il y a réciprocité d'avantages pour les deux associés : D'une part, le drosophile répand, avec ses déjections, la levure sur les pellicules des raisins mûrs, qui contiennent un jus éminemment fermentescible. D'autre part, la pullulation de la levure dans le moût en fermentation fournit aux larves de drosophiles, issues des œufs pondus sur des pellicules, les plus larges facilités pour leur développement.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Sur l'importance de l'assise myo-épithéliale des canaux galactophores dans le développement des tumeurs de la glande mammaire chez la chienne.* Note de M. **A. Peyron**, présentée par M. Quénu.

Chez la chienne, plus souvent que chez la femme, les tumeurs mammaires sont des néoplasies en apparence mixtes dans lesquelles les formations épithéliales sont mêlées à une trame conjonctive polymorphe (cartilage, os, sarcome, myxome, etc.) Pour expliquer ce polymorphisme on avait émis l'hypothèse d'une inclusion d'ébauches squelettogènes (?) de la période embryonnaire. Mais la majorité des auteurs avec G. Petit y voient simplement une métaplasie du tissu conjonctif adulte de la mamelle. D'après mes recherches cette dernière interprétation, bien que mieux fondée que la précédente, ne suffit pas à rendre compte de toutes les dispositions observées, et il faut encore, comme dans l'histogenèse des tumeurs mixtes parabuccales, tenir compte d'une évolution conjonctive des épithéliums particulièrement nette ici, au niveau de l'assise myo-épithéliale. J'ai pu étudier 60 tumeurs prélevées dans le service du Professeur Cadiot à l'École vétérinaire d'Alfort. Dans ce nombre figurent 12 cas de sarcomes de types divers, 8 cas de néoplasies purement épithéliales rappelant d'assez près les cancers du sein de la femme et dans lesquels la prolifération paraît provenir surtout de l'assise interne des canaux. Les 40 cas restants représentent les

uns des tumeurs mixtes (c'est la majorité), les autres des épithéliums purs et certains des formes de transition; ils montrent tous à des degrés divers la curieuse évolution des éléments myo-épithéliaux, qui fait l'objet de cette Note.

Aux premiers stades, on observe sur la paroi des galactophores de petits nodules faisant saillie. Ils sont faciles à distinguer, par leur aspect clair et leurs petits noyaux, des éléments cubiques ou cylindriques de l'assise interne pourvue d'un cytoplasme granuleux avec gros noyaux. Ailleurs, l'épaississement est diffus et réparti sur un segment étendu du galactophore. Dans les deux cas, les assises internes refoulées s'accolent et la lumière s'oblitère, mais c'est surtout à la périphérie vers le stroma que les modifications deviennent caractéristiques, les zones de prolifération myo-épithéliales tendent à s'isoler dans le stroma sous forme de champs irrégulièrement délimités ou configurés. Leurs éléments gardent quelque temps leurs limites cellulaires, leurs fibrilles sidérophiles, leur orientation parallèle en faisceaux rectilignes ou incurvés. Ils s'anastomosent ensuite pour constituer des syncytiums offrant des travées chromophiles à cytoplasme dense d'une part, et de l'autre des zones hyaloplasmiques ou exoplasmiques vacuolisées d'aspect clair. Les figures ainsi réalisées rappellent celles des syncytiums musculaires bien connues dans le développement des fibres musculaires; elles reproduisent peut-être mieux encore celles du tissu chordal mises en évidence dans mes études sur les chordomes. Elles rappellent également celles de certains gliomes, mais s'en distinguent toutefois par l'évolution nettement collagène du réticulum aussi caractéristique ici que dans les chordo-sarcomes.

En résumé, la néoformation myo-épithéliale s'isole en territoires ou syncytiums *primitivement distincts du stroma* mais *s'incorporant progressivement à ce dernier,* les éléments figurés s'y dédifférencient en évoluant vers des types cellulaires connectifs en même temps que les réticulums exoplasmiques subissent une transformation collagène. Ce sont les modalités de ces deux processus qui permettent de comprendre les dispositions topographiques en apparence polymorphes des tumeurs.

Parfois, au lieu de ces stades successifs, on observe une évolution en quelque sorte brusquée, dans laquelle l'incorporation au stroma et l'évolution collagène s'effectuent sur place par une réticulation suivie d'effilochage de l'assise myo-épithéliale reproduisant celle que j'ai mises en évidence avec Masson dans les tumeurs mixtes parabuccales.

Quoi qu'il en soit, c'est toujours des exoplasmes que sont issus les réticulums de substance pré ou pené-collagène, destinés à se brancher secondairement sur le stroma préexistant de la périphérie. Il ne saurait être question d'une pénétration de ce dernier à l'intérieur des îlots néoplasiques. Du reste elle n'expliquerait guère l'apparition d'éléments étoilés myxomateux qui est précisément liée à la confluence des zones hyaloplasmiques dans les syncytiums.

Tel est le processus général et jusqu'ici méconnu qui s'esquisse dans certains épithéliomes purs pour se dérouler complètement avec une extraordinaire variété de formes dans les tumeurs dites mixtes. Je n'ai pas encore observé chez la chienne de tumeurs de cette dernière catégorie offrant la

distinction absolue et schématique communément admise par les auteurs entre les éléments épithéliaux et le stroma. La prolifération et la dédifférenciation de l'assise myo-épithéliale me paraissent ainsi non seulement contribuer à la genèse de formations conjonctives de poussée tardive, mais dominer l'ensemble du processus lui-même. La transformation cartilagineuse, parfois suivie d'ossification, apparaît plutôt tardivement au niveau de territoires conjonctifs déjà remaniés par les éléments de souche myo-épithéliale venus s'y incorporer. Il n'y a pas lieu de l'envisager ici.

Cette évolution de l'assise externe des canaux galactophores paraît exceptionnelle dans les tumeurs humaines, si l'on met à part la prolifération bénigne de la maladie de Reclus dans laquelle la prolifération myo-épithéliale reste d'ailleurs peu marquée par rapport à celle de l'assise interne. Il y aura lieu dorénavant de la rechercher systématiquement dans les tumeurs mixtes des mammifères, en particulier pour l'interprétation de l'épithélio-sarcome expérimental de la souris.

A 15^h30^m, l'Académie se forme en comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place vacante, parmi les Académiciens libres, par la mort de M. *de Freycinet*, présente, par l'organe de M. le Président de l'Académie, la liste suivante :

En première ligne	M. **Alexandre Degrez.**
En seconde ligne	M. **Maurice de Broglie.**
En troisième ligne, ex æquo, par ordre alphabétique	MM. **Jean Charcot, Henri Pottevin, Paul Séjourné.**

A la majorité absolue des suffrages, l'Académie ajoute à cette liste le nom de M. **Louis Martin.**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17 heures.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 FÉVRIER 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BIOLOGIE. — *Contribution à l'étude des migrations chez les Ériosomiens.* Note de M. PAUL MARCHAL.

On sait que les Pucerons de la tribu des Ériosomiens, ou Schizoneuriens, ont un cycle évolutif annuel caractérisé par des migrations entre l'Orme, jouant le rôle d'hôte définitif, et un autre végétal (Groseillier, Poirier, Pommier, etc.) jouant le rôle d'hôte intermédiaire. Ce cycle comprend une succession de générations parthénogénétiques, toutes aptères, à l'exception de deux, qui sont formées d'ailés spécialisés pour des migrations définies : la première lignée d'ailés, qui est virginipare et qui s'est développée au printemps sur l'Orme, dans des galles diversement conformées suivant les espèces d'Ériosomiens, abandonne l'Orme pour aller déposer les jeunes aptères de la génération suivante sur l'hôte intermédiaire ; la seconde lignée d'ailés, qui est sexupare et qui s'est développée sur l'hôte intermédiaire, effectue à l'arrière-saison la migration de retour sur l'Orme pour y engendrer les sexués. Ces derniers, enfin, produisent l'œuf d'hiver fécondé d'où sortira, au début du printemps, la fondatrice, qui, jointe à sa descendance parthénogénétique, déterminera sur les pousses ou les feuilles de l'Orme une galle nettement caractérisée pour chacune des espèces d'Ériosomiens.

Or il existe une espèce que j'ai antérieurement décrite sous le nom d'*Eriosoma ulmosedens* (1) dont le cycle s'écarte à certains égards du type qui précède. Chez cet Eriosomien, la descendance des ailés qui apparaissent dans les pousses d'Orme déformées en rosettes au cours de l'été, est en effet

---

(1) *Comptes rendus*, t. 169, p. 214, 1919.

mixte, à la fois composée d'asexués et de sexués. Les observations que j'ai pu faire au cours des dernières années confirment les premières données que j'avais recueillies en 1916 à cet égard. Elles établissent que les sexués de l'*Eriosoma ulmosedens* peuvent être engendrés en quantité importante par les ailés gallicoles qui se développent sur l'hôte définitif (*Ulmus campestris*). Dans les endroits où, à la suite de coupes d'arbres, des jeunes pousses sont produites tardivement dans la saison et dans le cas assez rare où les parasites ne déterminent pas l'anéantissement des colonies, la multiplication de l'Insecte se continue sur ces jeunes pousses jusqu'à l'arrière-saison. En 1921 et 1922 j'ai observé en août et septembre des colonies présentant sur l'Orme des nymphes et des ailés, ces derniers produisant des sexués. Les sexués deviennent de plus en plus nombreux dans la progéniture des ailés à mesure que l'on s'avance dans la saison. En juillet les sexués sont rares et la grande majorité de la progéniture des ailés est formée d'asexués (pourvus de rostres). Vers le 15 août les sexués (sans rostres) l'emportent en nombre sur les asexués et la majorité des ailés ne donne plus alors que des sexués, le même individu pouvant d'ailleurs engendrer des mâles et des femelles.

Le 4 septembre 1921, ayant mis en observation une nymphe avec la pousse sur laquelle elle s'était développée, je la vis se transformer en ailé le 8 septembre et cet ailé, après avoir erré le long de la tige, sans avoir pris son vol, déposa le 9 septembre une première femelle sur la pousse d'Orme où il s'était développé, puis une deuxième femelle sur une écorce qui lui fut présentée. Parmi les ailés gallicoles de l'*Eriosoma ulmosedens*, et contrairement à la règle qui prévaut chez les autres espèces du même groupe, il y a donc bien des ailés sédentaires, qui, au lieu d'émigrer sur un hôte intermédiaire pour y engendrer des asexués restent sur l'Orme pour y produire des sexués. Et ceci implique que pour revenir à la génération sexuée en partant de l'œuf fécondé et en passant par la série annuelle des générations parthénogénétiques, il n'y a pas chez cette espèce de migration *nécessaire* de l'Orme sur une autre plante. Cette curieuse particularité du cycle de l'*Eriosoma ulmosedens* peut être vraisemblablement considérée comme un vestige du cycle originel des Eriosomiens.

Elle n'exclut pas d'ailleurs la possibilité d'une migration partielle de cette espèce sur une plante inconnue au moyen des ailés les plus nombreux qui se développent d'une façon plus précoce dans les pousses déformées de l'Orme et dont la descendance est surtout composée d'asexués. Jamais, en effet, je n'ai pu obtenir sur l'Orme le développement des asexués issus de ces

ailés qui ont d'ailleurs une grande tendance à émigrer et, de plus, j'ai, à deux reprises différentes, trouvé sur l'Orme à l'arrière-saison (17 septembre 1921, 22 septembre 1922) des ailés dont les caractères spécifiques étaient identiques à ceux d'*Eriosoma ulmosedens*, mais qui contrairement aux ailés nés sur l'Orme présentaient des glandes cirières à facettes nettement apparentes; or on sait que cette dissemblance, en ce qui regarde l'appareil ciripare, entre les deux lignées annuelles d'ailés, se rencontre chez bien d'autres espèces du même groupe.

Bien qu'il m'ait été impossible jusqu'ici, malgré de nombreuses recherches et de multiples essais, de découvrir la plante qui pourrait servir d'hôte intermédiaire à l'*Eriosoma ulmosedens* (¹), on peut donc admettre qu'il existe pour cette espèce deux catégories de sexupares : l'une sédentaire, sur l'Orme, sans glandes cirières apparentes et l'autre rémigrante, avec glandes cirières à facettes bien distinctes.

En résumé, par la descendance mixte (en partie asexuée et en partie sexuée) de ses ailés gallicoles, ainsi que par l'existence de ses deux catégories de sexupares, l'*Eriosoma ulmosedens* représente un type particulièrement intéressant au point de vue de l'histoire des migrations cycliques entre végétaux différents chez les Aphidiens. Il correspond à un stade de l'évolution pour lequel la séparation de l'espèce en lignées distinctes et spécialisées pour des hôtes végétaux différents est encore incomplètement réalisée.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Un argument en faveur de la nature électrostatique du champ moléculaire*. Note de M. Pierre Weiss.

I. On sait que l'on peut représenter les phénomènes ferromagnétiques au moyen de la loi de l'aimantation paramagnétique, en ajoutant au champ magnétique extérieur un champ moléculaire H_m proportionnel à l'intensité d'aimantation I

$$H_m = NI.$$

Ce champ moléculaire est l'expression de l'action mutuelle d'orientation des molécules magnétiques. On tire la meilleure détermination expérimen-

(¹) C'est le plus souvent sur les racines que vivent les générations hébergées par l'hôte intermédiaire. Ce fait explique les difficultés que l'on a généralement éprouvées pour découvrir l'hôte intermédiaire qui correspond à chacune des espèces (Poirier pour *Eriosoma lanuginosa*, Groseilliers pour *Eriosoma ulmi*, etc.).

tale de la constante N des régions étendues, au-dessus du point de Curie, où l'inverse du coefficient d'aimantation varie linéairement avec la température. La régularité de cette variation montre que dans la région en question la substance reste dans le même état. On trouve ainsi pour le nickel, entre 480° et 880° : N = 13,700, et pour le fer et le cobalt des valeurs du même ordre de grandeur.

Si, comme cela a été supposé implicitement, le champ moléculaire résultait de l'action à distance des moments atomiques, on devrait pouvoir appliquer ici la formule donnée par H.-A. Lorentz pour les diélectriques :

$$N = \frac{4}{3}\pi,$$

valeur démontrée dans le cas du réseau cubique et approximative dans les autres cas. La contradiction est flagrante : le coefficient de Lorentz est environ 3000 fois plus petit que celui que donne l'expérience. *Il est donc impossible que le champ moléculaire soit produit par les aimants élémentaires suivant les lois ordinaires du magnétisme.*

II. Étant donné ce que l'on sait par la radioactivité et le rayonnement sur la constitution de l'atome, on est amené à penser que le champ moléculaire pourrait être électrostatique. On peut imaginer qu'au moment magnétique d'un atome se superpose un moment électrostatique, un dipôle, ayant même direction que lui. Le champ moléculaire serait un langage magnétique pour des forces électrostatiques. L'orientation des molécules, donnant lieu à l'aimantation spontanée entre le zéro absolu et le point de Curie, serait un phénomène électrostatique et le moment magnétique n'aurait pour effet que de le rendre observable.

On peut se procurer facilement les moments de ces dipôles. On procédera comme pour le calcul du moment magnétique moléculaire σ_0 qui est donné par la formule de Langevin

$$\sigma_0^2 = 3\mathrm{RCM},$$

où $R = 83,15 \times 10^6$ est la constante des gaz, C la constante de Curie et M la molécule-gramme (la molécule magnétique est la quantité de matière qui porte un aimant élémentaire ; c'est le plus souvent l'atome). En combinant cette formule avec l'expression de la définition du point de Curie (température où l'aimantation spontanée disparaît),

$$\mathrm{CN}d = \Theta,$$

où d est la densité, N la constante du champ moléculaire et Θ le point de

Curie, on a

$$\sigma_0^2 = 3R\frac{\Theta M}{Nd}.$$

Pour transposer au problème électrostatique correspondant il suffit de remplacer N par le coefficient de Lorentz $\frac{4}{3}\pi d$; le moment ε_0 du dipôle est alors donné par

$$\varepsilon_0^2 = \frac{9R\Theta M}{4\pi d}.$$

En divisant ε_0 par le nombre d'Avogadro $6,06 \times 10^{-23}$ on a pour le nickel où $\Theta = 652°$, $d = 8,6$, $M = 58,7$:

nickel : $0,85 \times 10^{-18}$;

pour le cobalt où $\Theta = 1410°$, $d = 8,6$, $M = 59,0$:

cobalt : $1,25 \times 10^{-18}$.

Si l'on suppose que dans la magnétite les deux atomes de fer ferrique sont les porteurs des moments, ce qui s'impose par ailleurs, et que par conséquent la molécule magnétique est

$$M = \frac{1}{2}(Fe^3O^4) = 115,8,$$

on trouve avec $\Theta = 649$, $d = 5,25$:

magnétite : $1,74 \times 10^{-18}$.

Pour le fer β il y a ambiguïté, on ne sait d'après les propriétés magnétiques si l'on doit attribuer un moment électrostatique à chacun des atomes de fer ou à un sur trois seulement. Dans le premier cas on a, avec $\Theta = 1047$, $d = 7,8$, $M = 54,8$:

fer β : $1,09 \times 10^{-18}$;

dans le second on aurait, avec $M = 3 \times 54,8$:

fer β : $1,90 \times 10^{-18}$.

III. Debye a montré, dans une théorie des diélectriques à constante variable avec la température, que les molécules de ces diélectriques sont porteurs de dipôles électrostatiques. Cette théorie, qui est une adaptation de la théorie cinétique du paramagnétisme de Langevin complétée par la formule de Lorentz, donne le moyen de calculer les moments de ces dipôles à partir des données expérimentales.

Voici quelques valeurs calculées par Debye :

Alcool méthylique	$0,34 \times 10^{-18}$
» éthylique	0,43 »
» propylique	0,5 »
» isobutylique	0,65 »
» amylique	0,79 »
Eau	0,57 »
Oxyde d'éthyle	1,18 »
Acétone	0,34 »
Toluol	0,51 »
Nitrobenzol	0,57 »

Tous ces moments électrostatiques non seulement ont le même ordre de grandeur mais sont compris dans des limites très étroites : $0,34 \times 10^{-18}$ et $1,18 \times 10^{-18}$. Les quelques déterminations faites par d'autres physiciens, d'après la même méthode ou déduites de l'équation d'état, restent à peu de chose près dans les mêmes limites.

IV. Les moments des dipôles électrostatiques des atomes des métaux ferromagnétiques calculés précédemment sont comme on le voit très voisins de tous les moments de dipôles connus. L'exemple du fer montre qu'une incertitude sur la grandeur de la molécule magnétique n'infirme pas la conclusion.

Cette constatation est un argument en faveur de l'origine électrostatique du champ moléculaire.

M. **Charles Moureu** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie une Notice sur *Maurice Barrès et la Science française* (¹). C'est la reproduction d'une leçon que j'ai faite au Collège de France le 5 janvier dernier et dont voici quelques lignes essentielles :

La Guerre, où chaque peuple avait jeté dans la balance du destin la totalité de ses forces, tant morales que matérielles, apparaissait comme une source de leçons sans précédent. Parmi les causes déterminantes de la victoire, Barrès discerna clairement le rôle de la Science, sans lequel l'héroïsme de nos troupes et le génie de leurs chefs eussent été stériles. Et il se persuada que la Science devait être maintenant un facteur primordial du relè-

(¹) *Revue Bleue*, 2 février 1924.

vement économique et de la sécurité de la Nation. Organiser méthodiquement et solidement la recherche scientifique, d'où découlent, en dernière analyse, tous les progrès de l'Agriculture, de l'Industrie, de la Médecine, de l'Hygiène, telle était la tâche fondamentale qu'il fallait aborder sans retard.

Le but était aussi noble et élevé que précis. Pour l'atteindre, avant de tenter la moindre action au Parlement, Barrès, parlementaire avisé et, de plus, conscient de son ascendant personnel sur cette force irrésistible qu'est l'opinion publique dans un pays de libre démocratie, s'adressa à l'opinion publique. Il s'agissait de l'éclairer d'abord sur l'œuvre qu'avaient accomplie les savants durant la Guerre et de lui exposer ensuite celle qui leur incombait dans la Paix.

Barrès entreprit ainsi, dès le début de l'année 1919, cette admirable campagne de presse qui devait remuer si profondément les masses populaires. Elle eut bientôt son écho à la tribune de la Chambre des Députés, dans un discours fameux prononcé par l'illustre écrivain, le 11 juin 1920, sur la recherche scientifique. Les efforts ont abouti à ce mouvement national en faveur des laboratoires dont nous sommes aujourd'hui les témoins, et qui est un des gages les plus certains de la clairvoyante sagesse du Pays.

C'est une grande date pour la Science française, et, on peut hardiment l'ajouter, c'est une grande date dans l'histoire des causes profondes de l'évolution de notre Pays, que l'avènement de cet état d'esprit nouveau. Mais, pour qu'une telle œuvre puisse recevoir tout son développement, combien nous déplorons que l'action personnelle de Barrès nous fasse si prématurément défaut. Ce « Prince des Lettres » était si intimement pénétré de la puissance de la Science et de la nécessité vitale de donner à la France la plus solide structure scientifique, qu'il estimait que tout devait être mis en œuvre pour que, dans ce pays, imprégné surtout de culture littéraire et artistique, mais où il y a tant de souplesse d'intelligence et tant de variété dans les aptitudes, une large place fût faite aux sciences et à la technique dans le choix des carrières. Nous espérons fermement que son souvenir, l'ardente conviction avec laquelle il se fit l'avocat de la Science, notre volonté d'être ses continuateurs persévérants, gagneront à cette grande cause nationale la foule encore nombreuse des indifférents, que peut seule excuser une complète ignorance de la situation.

M. **Costantin** présente le tome VI de la *Flore complète illustrée en couleurs de France* de **Gaston Bonnier**. Cet ouvrage considérable n'a pas été interrompu par la mort de l'auteur et, au cours de l'année dernière, les fascicules ont paru aussi régulièrement que lorsqu'il était vivant. Il avait heureusement, avant son décès, achevé la préparation complète de cette œuvre très importante. La publication va en être continuée encore pendant plusieurs années.

NOMINATIONS.

M. **Émile Picard** est désigné pour faire partie du *Comité d'honneur* des fêtes par lesquelles le centenaire de la naissance de *Lord Kelvin*, sera célébré à Londres, les 10 et 11 juillet 1924.

M. **Paul Sabatier** est désigné pour représenter l'Académie aux fêtes du VIe centenaire de la fondation de l'*Académie des Jeux Floraux*, les 30 avril, 1er, 2, 3 et 4 mai 1924, à Toulouse.

ÉLECTIONS

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Académicien libre, en remplacement de M. *de Freycinet*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 65,

M. Maurice de Broglie obtient	.....	31 suffrages
M. Alexandre Desgrez »	.....	29 »
M. Henri Pottevin »	.....	2 »
M. Paul Séjourné »	.....	2 »
M. Louis Martin »	.....	1 suffrage

Au second tour de scrutin, le nombre de votants étant 66,

M. Maurice de Broglie obtient	......	36 suffrages
M. Alexandre Desgrez »	......	29 »
M. Paul Séjourné »	......	1 suffrage

M. **Maurice de Broglie**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *La courbure aréale oblique casoratienne.* Note [1] de M. **Nilos Sakellariou**, présentée par M. Appell.

Dans son Mémoire, *Mesure de la courbure des surfaces suivant l'idée commune; ses rapports avec les mesures de courbure Gaussienne et moyenne* [2], F. Casorati introduit une mesure de la courbure des surfaces différente de celles, bien connues, de Gauss et Sophie Germain [3]. Tandis que le premier a considéré le rapport entre l'aire d'une calotte infinitésimale entourant le point auquel on veut rapporter la mesure de la courbure, et l'aire d'une image de cette calotte, construite d'une certaine manière à l'aide des normales à la surface, Casorati suppose qu'un fil de longueur infiniment petite σ ait l'une de ses extrémités fixée au point O de la surface auquel on rapporte la courbure, et tourne en restant tendu sur la surface. Ce fil décrira un cercle géodésique qui sera la calotte de la surface. Il prend l'aire de ce cercle comme dénominateur du rapport dont la limite, si elle existe, sera la mesure de la courbure en O. Pour numérateur il prend l'aire de l'image du cercle construit non à la manière de Gauss, mais comme il suit. Sur chaque position OP du fil σ il prend OQ d'une longueur égale à la mesure de l'angle infiniment petit, que la normale à la surface en P fait avec la normale en O. En désignant par k cette mesure de la courbure en O, on a ce résultat que k est égale à

$$\frac{1}{2}\left(\frac{1}{R_1^2}+\frac{1}{R_2^2}\right),$$

où R_1, R_2 représentent les rayons (des sections normales) principales au point O. Dans son Mémoire, *Zur Theorie des Krummungsmaasses der Flächen* [4], R. von Lilienthal, en supposant les coordonnées des points

(1) Séance du 18 février 1924.

(2) F. Casorati, *Acta Mathematica*, t. 14, 1890, p. 95, et *Rendiconti del l'Instituto Lombardo*, 1889.

(3) Sophie Germain, *Sur la courbure des surfaces* (*Journal de Crelle*, t. 7, 1831).

(4) R. von Lilienthal, *Acta Mathematica*, t. 16, 1892, p. 143.

d'une surface qui n'est pas une sphère ou une surface développable comme fonctions régulières de deux variables indépendantes, considère un cercle infiniment petit décrit autour du point O de la surface, dont le rayon est supposé constant et égal à l'élément linéaire ds, et, par suite, l'aire est égale à $\pi\, ds^2$. A l'extrémité P de chaque rayon de ce cercle correspond une normale à la surface, voisine de celle qui correspond au point O, et si τ est la mesure de l'angle que fait la normale à la surface en P avec la normale en O et l'on prend sur le rayon correspondant OP le segment OQ égal à τ, il résulte une surface nouvelle fermée, dont l'aire est égale à

$$\frac{1}{2}\int_0^{2\pi} \tau^2\, d\omega,$$

où ω représente l'angle du rayon OP avec une direction tangentielle arbitraire mais fixée. Après cela, la mesure de Casorati est donnée par l'expression suivante

$$k = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \frac{d\lambda^2 + d\mu^2 + d\nu^2}{ds^2}\, d\omega,$$

où (λ, μ, ν) sont les cosinus directeurs de la normale à la surface en O.

Lilienthal, en admettant que l'angle τ est remplacé par celui des tangentes de deux lignes de courbures voisines, a donné les mesures de courbure k_1, k_2 par les formules suivantes

$$k_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\rho_1^2} + \frac{1}{\rho_2^2} + \frac{1}{R_1^2}\right), \qquad k_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\rho_1^2} + \frac{1}{\rho_2^2} + \frac{1}{R_2^2}\right),$$

où ρ_1, ρ_2 sont les rayons de courbure géodésique des lignes de courbure.

Dans ce qui suit, je donne une formule générale pour la mesure de courbure d'une surface, analogue à celle que j'ai donnée pour la mesure de courbure de Gauss [1], formule qui contient comme cas particuliers entre autres celles de Casorati et de Lilienthal.

Si (g_0) est une droite arbitraire dans l'espace, qui passe par le point O de la surface (S), qui n'est pas une sphère ou une surface développable, nous supposons que l'angle ci-dessus τ est remplacé par l'angle que fait la droite (g_P) correspondante en P avec la droite en $O(g_0)$. Si L_i $(i = 1, 2, 3)$ sont les cosinus directeurs de la droite (g_0) par rapport aux axes constants (α, β, γ), ceux par rapport au trièdre principal de (S) au point O [déter-

---

[1] N. Sakellariou, *La courbure linéaire oblique et la courbure aréale oblique* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 446) et *Contribution à la Théorie des surfaces* (*Bull. de la Soc. Math. de Grèce*, t. 1, p. 2).

miné par les deux tangentes principales et par la normale de (S)], et de plus si (A_1, B_1, C_1), (A_2, B_2, C_2), (λ, μ, ν) sont les cosinus du trièdre par rapport aux axes immobiles on a

$$(dw)^2 = \Sigma(dL_i)^2, \qquad L_1 = A_1\alpha + A_2\beta + \lambda\gamma, \;\ldots,$$

où Δ_w est l'angle de ces droites (g_0) et (g_P). Ainsi la mesure de courbure, soit k_g, dans ce cas général, que nous désignons comme mesure de courbure *oblique* tandis que celles de Casorati et de Lilienthal comme mesure de courbure *normale* et *tangentielle* respectivement, est donnée par la formule suivante

$$k_g = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \frac{\Sigma(dL_i)^2}{ds^2}\,d\omega,$$

où ω représente l'angle que fait une direction tangentielle fixe de (S) passant par O avec un de rayon du cercle, dont le rayon est égal à ds. En supposant que $H_1 = 0$, $H_2 = 0$ sont les équations de lignes de courbure de (S) qui correspondent aux rayons de courbures principales R_2, R_1 respectivement on a

$$\frac{H_1}{ds} = -\frac{\cos\omega}{R_1}, \qquad \frac{H_2}{ds} = -\frac{\sin\omega}{R_2},$$

et pour la mesure de courbure oblique

$$\begin{aligned} k_g = {} & \alpha^2 k_1 + \beta^2 k_2 + \gamma^2 k + \frac{\alpha\gamma}{R_2\rho_1} + \frac{\beta\gamma}{R_1\rho_2} + \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\frac{\Sigma(d\alpha)^2}{ds^2}\,du \\ & + \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi}\left(\frac{\alpha\, d\beta}{ds} - \frac{\beta\, d\alpha}{ds}\right)\left(\frac{\cos\omega}{\rho_2} - \frac{\sin\omega}{\rho_1}\right)d\omega \\ & + \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi}\left(\frac{\alpha\, d\gamma}{ds} - \frac{\gamma\, d\alpha}{ds}\right)\frac{\cos\omega}{R_1}\,d\omega + \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi}\left(\frac{\beta\, d\gamma}{ds} - \frac{\gamma\, d\beta}{ds}\right)\frac{\sin\omega}{R_2}\,d\omega. \end{aligned}$$

En supposant dans cette dernière formule $\alpha = 0$, $\beta = 0$, $\gamma = 1$, on a la mesure de courbure normale de Casorati k, et pour $\alpha = 1$, $\beta = 0$, $\gamma = 0$; $\alpha = 0$, $\beta = 1$, $\gamma = 0$ on a la mesure de courbure tangentielle de Lilienthal k_1 et k_2.

Si l'on suppose que (α, β, γ) sont constants, on a un système de rayons *covariant* [1], dont les cas précédents sont cas particuliers. Dans ce dernier cas la mesure de courbure oblique est donnée par la formule suivante :

$$k_c = \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\alpha}{\rho_1} + \frac{\gamma}{R_2}\right)^2 + \left(\frac{\beta}{\rho_2} + \frac{\chi}{R_1}\right)^2\right] + \frac{\alpha^2}{2}\left(\frac{1}{\rho_1^2} + \frac{1}{R_1^2}\right) + \frac{\beta^2}{2}\left(\frac{1}{\rho_1^2} + \frac{1}{R_2^2}\right).$$

---

(1) LILIENTHAL, *Ueber eine besondere Art von Strahlensysteme* (*Math. Annalen*, Bd 31, 1888, p. 85).

GÉOMÉTRIE. — *Sur la ligne droite et les parallèles d'Euclide.* Note de M. **Thomas Greenwood**, présentée par M. Paul Painlevé.

L'étude des inconvénients de la théorie ordinaire de la droite euclidienne nous a conduit à poser d'une façon nouvelle le problème de la spécification de cette droite au moyen d'un postulat unique : c'est le *postulat de courbure nulle* qui se trouve implicitement contenu dans chacun des deux postulats ordinaires de la droite euclidienne, celui de la droite unique et celui des parallèles. Nous y parvenons à l'aide d'un nouveau système hypothético-déductif de postulats ou axiomes génériques, de nombre minimum, convenant aux droites des trois métriques ordinaires.

Dans ce système de postulats génériques que nous basons sur les notions primitives de point et de distance, nous séparons complètement les idées de droite, de distance et de perpendicularité. Le postulat de courbure nulle une fois posé, le postulat de la droite unique en résulte comme un simple corollaire. Quant au postulat des parallèles, sa démonstration exige une nouvelle théorie des parallèles indépendante de tout postulat spécifique, mais basée sur une définition constructive des parallèles que nous établissons. Cette théorie des parallèles présuppose cependant les définitions des concepts dérivés (segment, plan, angle, circonférence), les postulats de congruence et de continuité, les propositions relatives aux angles, aux triangles et aux perpendiculaires, et enfin la convention de représenter les distances par des segments.

Système d'axiomes. — 1. Il existe une classe d'entités indéfinies appelées « points ».

2. Il existe entre deux points donnés quelconques une relation quantitative unique et invariante appelée leur « distance ».

3. Il existe entre deux distances données AB et CD une et une seule des trois relations $AB = CD$, ou $AB > CD$, ou $AB < CD$.

4. Il existe un ensemble illimité de points appelé une « ligne droite » tel que, étant donnés trois quelconques d'entre eux, il n'existe pas un quatrième point de cet ensemble dont les distances à ces trois points donnés sont égales.

5. Il existe sur une ligne droite des points appelés « points intérieurs », tels que, étant donnés deux points quelconques sur cette même ligne droite, les distances de chaque point intérieur aux deux points sont toutes égales à la distance entre ces deux points donnés.

6. Il existe des points « extérieurs » à une ligne droite.

7. Il existe sur une ligne droite au moins un point tel que la distance de ce point à un point donné extérieur à cette ligne droite est moindre que la distance entre ce point donné et tout autre point de la droite. Cette distance minimum est la distance entre le point donné extérieur à la droite et cette même droite.

8. *Le postulat de courbure nulle.* — Il existe une classe de lignes droites dites « droites euclidiennes », satisfaisant à cette condition que, étant données deux quelconques d'entre elles, A et B, et sur la droite A deux points *m* et *n* tels qu'aucun point de la droite A, intérieur par rapport aux points *m* et *n*, ne se trouve sur la droite B, si la distance entre un quelconque de ces points intérieurs et la droite B est moindre que la distance entre le point *m* et la droite B, cette distance est toujours plus grande que celle du point *n* à la droite B, et réciproquement.

Théorème. — Deux droites ne peuvent enfermer un espace.

Théorie des parallèles. — *Définition.* — Des lignes droites sont parallèles lorsque, dans un même plan, elles sont perpendiculaires à une même ligne droite.

Théorème I. — Étant données deux lignes droites parallèles, les distances de tous les points de l'une droite à l'autre sont toutes égales entre elles.

Théorème II. — Étant données deux lignes droites parallèles, une perpendiculaire abaissée sur l'une d'elles d'un point quelconque de l'autre, est aussi perpendiculaire à cette autre.

Théorème III. — Étant donné un point extérieur à une ligne droite donnée, on ne peut mener qu'une parallèle unique de ce point à cette ligne droite.

Théorème IV. — Étant données deux lignes droites parallèles, si, par un point qui leur soit extérieur, nous abaissons deux perpendiculaires sur les parallèles données, ces deux perpendiculaires sont sur une même ligne droite.

Théorème V. — Étant données deux parallèles coupées par une sécante commune, les angles alternes internes formés par la sécante avec les parallèles sont égaux.

Théorème VI. — Étant données deux lignes droites formant avec une sécante deux angles alternes internes égaux, ces deux lignes droites sont parallèles.

Théorème VII. — Étant données deux lignes droites également distantes l'une de l'autre, ces deux lignes droites sont parallèles.

Théorème VIII. — Étant données deux lignes droites parallèles, ces parallèles ne se rencontrent jamais.

Théorème IX : Postulat d'Euclide. — Si une droite en rencontre deux autres de façon à faire du même côté de celles-ci des angles intérieurs dont la somme est inférieure à deux angles droits, ces deux droites prolongées se rencontreront nécessairement du côté où la somme des angles intérieurs est moindre que deux angles droits.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur la connexion projective des surfaces.* Note de M. E. Cartan, présentée par M. Emile Borel.

I. Si l'on veut en Géométrie projective attribuer à toute surface une *connexion projective* intrinsèque, l'idée la plus naturelle est de raccorder les plans tangents en deux points infiniment voisins A et A′ de la surface par projection conique faite d'un point H attaché au point A. Il faut pour cela qu'on puisse faire correspondre d'une manière invariante à tout point A de la surface un point H (*pôle normal*) non situé dans le plan tangent en A. Cela est impossible tant qu'on ne fait appel qu'aux éléments des trois premiers ordres de la surface, mais cela devient possible, et d'une infinité de manières, si l'on fait appel aux éléments des quatre premiers ordres ([1]).

L'indétermination disparaît en partie si l'on ajoute la condition que les tangentes aux *lignes de courbure projectives* (qui correspondent aux développables de la congruence formée par les *normales projectives* AH) soient *conjuguées*. La normale projective est alors bien déterminée : c'est celle qui a été désignée de ce nom par M. G. Fubini ([2]). On peut encore la caractériser par la propriété suivante : Si l'on rapporte la surface à un tétraèdre ayant pour un de ses sommets le point A, pour une de ses faces le plan tangent en A et pour une de ses arêtes la normale projective, la fonction $\frac{R}{(s^2-rt)^{\frac{13}{4}}}$, où

([1]) Ces éléments permettent en effet d'attacher au point A un repère projectif invariant; comme il existe deux invariants différentiels projectifs du quatrième ordre, tout point dont les coordonnées relatives sont des fonctions données à l'avance de ces deux invariants est lié d'une manière invariante au point A.

([2]) G. Fubini, *Atti R. Ac. Sc. Torino*, t. 53, 1917-1918, p. 1037; *Atti R. Ac. Lincei*, t. 32, 1923, p. 276.

Dans le cas des hypersurfaces à plus de deux dimensions la condition indiquée *ne suffit plus* pour caractériser la normale projective (voir E. Cech, *Ann. di Mat.*, 3e série, t. 31, 1923, p. 251).

R désigne le résultant des deux premières formes φ_2 et φ_3 du développement de z, a une valeur *stationnaire* en A. Le choix d'un tel tétraèdre de référence entraîne l'existence d'une suite de formes différentielles

$$\Psi_2 = \omega_{13}\omega_{31} + \omega_{23}\omega_{32}, \quad \Psi_3, \quad \ldots,$$

dont la première est définie intrinsèquement à un multiple près de la forme asymptotique $\Phi_2 = \omega_1\omega_{13} + \omega_2\omega_{23}$.

II. On peut se proposer les problèmes suivants :

1° Pour quelles surfaces la normale projective se confond-elle avec la normale affine?

2° Pour quelles surfaces la normale projective se confond-elle avec la normale ordinaire (tant en géométrie euclidienne qu'en géométrie cayleyenne)?

3° Pour quelles surfaces (*sphères projectives*) la normale projective passe-t-elle par un point fixe?

Pour chacun de ces problèmes on obtient un système différentiel dont la solution générale dépend de trois fonctions arbitraires d'un argument et, dans chacun des trois cas, les caractéristiques sont les lignes de Segre des surfaces intégrales (conjuguées des lignes d'osculation quadrique de Darboux).

On peut ajouter que la normale projective ne se confond jamais simultanément avec la normale affine et avec la normale ordinaire.

III. La normale projective étant bien déterminée, on peut encore choisir le pôle normal H d'une infinité de manières. L'un des choix les plus naturels consiste à le prendre sur la *quadrique de Lie*. Il y aurait lieu de se demander si la connexion projective correspondante peut être de nature métrique : il *faut* pour cela que la normale projective se confonde avec la normale ordinaire. Un autre problème consiste à chercher les surfaces admettant une représentation géodésique projective sur le plan ; la solution de ce problème ne dépend du reste pas du choix du pôle normal H sur la normale projective.

IV. Ce qui précède s'applique aux surfaces *non réglées*. Dans le cas des surfaces *non développables et distinctes des quadriques*, il existe un pôle normal et un seul défini d'une manière intrinsèque par les éléments des quatre premiers ordres; pour un repère convenablement choisi qui rejette le point H à l'infini dans la direction de l'axe des z, l'équation de la surface au voisinage de A est [1]

$$z = xy + \frac{1}{6}x^3 + \varphi_5(x, y) + \ldots.$$

---

[1] Cf. WILCZYNSKI, *Trans. Amer. Soc.*, t. 9, 1908, p. 229.

Les lignes de courbure projectives ne forment ici un réseau conjugué que si les génératrices de la surface appartiennent à une congruence linéaire.

La seule surface réglée projectivement isomorphe au plan est la surface de Cayley; son pôle normal est fixe; c'est aussi la seule dont les normales projectives passent par un point fixe.

Il existe deux catégories de surfaces réglées admettant une représentation géodésique sur le plan. La première est formée des surfaces à ligne flecnodale double; lorsque le point A décrit une génératrice G, le pôle normal H décrit la tangente asymptotique au point où la ligne flecnodale coupe G, la normale projective AH pivotant autour d'un point fixe. La seconde catégorie est formée des surfaces dont les génératrices appartiennent à une congruence linéaire; le long d'une génératrice G, le pôle normal H décrit une droite appartenant à la même congruence linéaire, la normale projective AH engendrant une quadrique. Dans le cas où la congruence linéaire est spéciale, le pôle normal, fixe pour tous les points d'une même génératrice, décrit la directrice de la congruence.

V. Dans le cas des surfaces *développables* (autres que les cônes) on peut définir d'une manière intrinsèque un pôle normal et un seul au moyen des éléments des six premiers ordres. L'équation réduite correspondante est

$$z = \frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{2}x^3y + \left(\frac{1}{24}\,\mathrm{I}\,x^6 + \frac{9}{8}x^4y^2\right) + \dots$$

La connexion projective d'une surface développable n'est jamais sans courbure : *une surface développable n'est donc jamais projectivement développable sur un plan.*

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la similitude.*

Note de MM. **L. Escande** et **M. Ricaud**, présentée par M. Brillouin.

Cette Note a pour objet l'étude de deux cas distincts :

I. *Coude brusque à* 90°. — Nous avons opéré sur deux modèles semblables. Le coude était constitué par deux tronçons de conduite en zinc, de diamètre D, à angle droit, et ayant leurs axes dans un même plan horizontal. La longueur du tronçon amont était L_1 et celle du tronçon aval L_2. L'extrémité aval portait un ajutage tronconique dont le diamètre de sortie $d = \frac{3}{4}D$. L'écoulement était provoqué par une charge H (cm d'eau) sur l'axe de la conduite.

Les dimensions du petit modèle D', L'_1, L'_2, d', et les charges correspondantes H'

sous lesquelles on opérait, étaient telles que

$$\frac{D}{D'} = \frac{L_1}{L'_1} = \frac{L_2}{L'_2} = \frac{d}{d'} = \frac{H}{H'} = \lambda' = 2,5.$$

On avait ainsi :

$$D = 10^{cm}, \quad L_1 = 150^{cm}, \quad L_2 = 90^{cm}, \quad d = 7^{cm},5;$$
$$D' = 4^{cm}, \quad L'_1 = 60^{cm}, \quad L'_2 = 36^{cm}, \quad d' = 3^{cm}.$$

Nous avons pour chaque modèle :

1° Mesuré les débits correspondant à des charges déterminées;

2° Étudié, dans les mêmes conditions d'écoulement, la répartition des pressions le long de la génératrice extérieure contenue dans le plan horizontal de l'axe.

Nous avons, par exemple, obtenu pour les débits :

$$H = 175{,}5^{cm}, \qquad Q = 19{,}5^{l/sec},$$
$$H' = \frac{175{,}5}{2{,}5}, \qquad Q' = 1{,}92;$$

d'où

$$\frac{Q}{Q'} = 10{,}2.$$

D'après la loi de Froude, on doit avoir

$$\frac{Q}{Q'} = \lambda'^{\frac{5}{2}} = 9{,}9.$$

La vérification (¹) est donc satisfaisante. Il en résulte que le rapport des pertes de charge, dues aux coudes, dans les deux modèles, $\frac{\Delta H}{\Delta H'} = \lambda'$.

Pour étudier la similitude des pressions, nous avons construit la courbe (x', h'), ayant pour abscisses les distances du sommet du coude aux prises du manomètre et pour ordonnées les valeurs correspondantes de la pression. On a construit de même la courbe $\left(\frac{x}{2{,}5}, \frac{h}{2{,}5}\right)$ pour le grand modèle.

Le Tableau suivant permet de se rendre compte de la concordance.

(¹) Le rapport $\frac{Q}{Q'}$ a toujours été trouvé légèrement supérieur à 9,9; cela tient sans doute à l'influence des pertes de charge linéaires qui, elles, ne sont pas dans le rapport de similitude; la perte de charge pour le grand modèle est plus faible qu'elle ne devrait être.

	x ou $\frac{x}{2,5}$ (cm).	h' (cm d'eau).	$\frac{h}{2,5}$ (cm d'eau).	Observations.
amont	16	42,4	42,5	H' ou $\frac{H}{2,5} = 66^{cm}$ dans cette expérience
	13	41,8	42	
	10	42	42	
	7	42,1	42,4	
	4	45,6	46	
	1	46,9	47,2	
Sommet du coude.				
aval	1	50,1	50,1	
	4	44,6	44,8	
	7	23,7	20	Divergence
	10	24,7	23	Divergence
	13	25,3	25,3	
	16	26,8	26,7	
	19	26,5	26,9	

On voit donc que les pressions sont dans le rapport de similitude sauf pour la divergence locale indiquée.

II. *Canal découvert. Surface de discontinuité produite par un obstacle cylindrique.* — Un canal de longueur a_1, de largeur b_1, précédé à son extrémité amont d'un pavillon pour guider les filets liquides, est alimenté par un bassin; à son extrémité aval, un autre ajutage dirige les filets vers une fente rectangulaire verticale ayant toute la hauteur du canal et une largeur d_1.

On place dans ce canal, à une distance c_1 de l'extrémité aval, un cylindre circulaire de diamètre D_1, dont l'axe vertical coïncide avec le plan de symétrie du canal. Une pointe effilée permet de déterminer la profondeur d'eau h_1.

On a relevé la forme générale des filets liquides au voisinage de l'obstacle et l'on a déterminé par la méthode chronophotographique habituelle, dans le plan normal à la direction du canal passant par l'axe du cylindre, la loi de répartition des vitesses W_1 à la surface libre, en fonction des distances à la paroi, l_1.

On a opéré ensuite sur un deuxième modèle caractérisé par les paramètres a_2, b_2, c_2, d_2, D_2, h_2 tels que

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{b_1}{b_2} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{h_1}{h_2} = \lambda' = 2.$$

Les dimensions des modèles (en centimètres) étaient les suivantes :

$a_1 = 200$, $b_1 = 16,2$, $D_1 = 5$, $c_1 = 140$, $d_1 = 2$, $h_1 = 11$;
$a_2 = 100$, $b_2 = 8,1$, $D_2 = 2,5$, $c_2 = 70$, $d_2 = 1$, $h_2 = 5,5$.

On a observé une similitude rigoureuse de la forme des filets liquides et

en particulier des surfaces de discontinuité obtenues dans les deux modèles.

De plus on a construit les courbes $\left(\frac{l_1}{\lambda'}, \frac{W_1}{\sqrt{\lambda'}}\right)$ et (l_2, W_2) qui sont pratiquement confondues comme le montrent les résultats reproduits dans le Tableau suivant :

$\frac{l_1}{2}$ ou l_2 (mm).	$\frac{W_1}{\sqrt{2}}$ (mm/sec).	W_2 (mm/sec).
6,2	82,6	86
7,7	87,5	87,5
8,2	92,5	88,5
8,5	89,5	89
9,05	89,5	89,5
9,6	91	90
11	91	91
11,85	91	92,2
14,4	94,5	95
14,7	94,5	95
16,4	97,5	97
18,3	99	98,8
19,5	98,5	99,6
21,4	101	101,5
22,35	104	102,5

La loi de Froude paraît donc s'appliquer au système complexe étudié.

Conclusion. — Les rapports de similitude sont trop faibles pour qu'on puisse affirmer que les lois de la similitude s'appliquent à des rapports beaucoup plus élevés. Cependant les concordances obtenues nous ont paru intéressantes à signaler.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la résultante aérodynamique moyenne d'un planeur à ailes en M aplati soumis latéralement à des pulsations aériennes horizontales.* Note [1] de M. **Louis Breguet**, présentée par M. Deslandres.

Le but de cette Note est d'analyser l'effet sur la résultante aérodynamique de pulsations horizontales reçues latéralement par des ailes en M aplati [2].

---

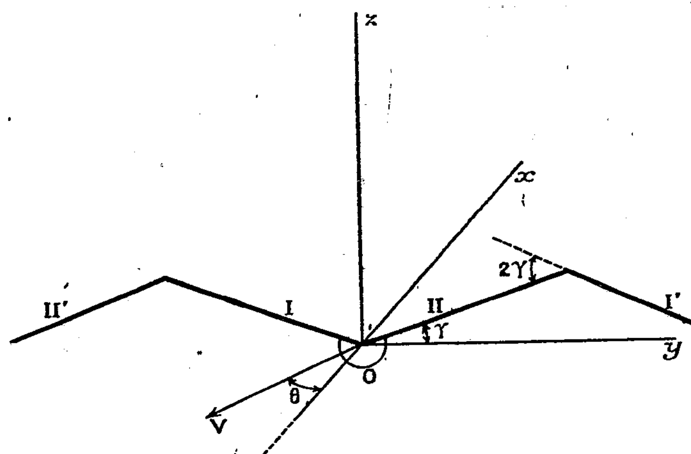
[1] Séance du 11 février 1924.

[2] M. Alexandre Sée, en 1908, s'était rendu compte de l'utilisation probable par les oiseaux des vents relatifs louvoyants, mais, faute d'une analyse mathématique, il avait cru qu'elle s'opérait grâce au relèvement des bouts d'ailes et au balancement latéral, alors que la vitesse de celui-ci atténue le phénomène et peut même l'annuler.

Cet effet spécial sera prochainement soumis par nous à des expériences de laboratoire. Mais nous n'avons pas voulu attendre ces vérifications de nos déductions, devant l'importance des conclusions de notre analyse qui livreraient le secret du vol à voile dynamique des oiseaux.

Soient :

i, c_x, c_z l'incidence en radians au temps t d'une aile comptée à partir de celle du minimum de traînée et les coefficients de traînée et de poussée rapportés à la vitesse aérodynamique et à sa normale dans un plan perpendiculaire à l'aile contenant la vitesse aérodynamique et affectés de l'indice 1 pour les parties d'ailes parallèles I et I′ et de l'indice 2 pour II et II′ (*fig.* 1);



c'_x, c'_y, c'_z les coefficients unitaires rapportés aux trois axes rectangulaires Ox, Oy, Oz, Ox étant suivant la distance moyenne;

$v = v_M \sin \omega t$ la vitesse au temps t de la pulsation, de maximum v_M et de période T telle que $\omega T = 2\pi$;

V, θ la vitesse aérodynamique dont les variations de grandeur seront négligées et son inclinaison en radians au temps t sur Ox dans le plan xOy;

P, S, γ le poids du planeur, sa surface et la pente de ses ailes sur l'horizontale.

Le calcul montre que la meilleure incidence moyenne de vol est celle du minimum de traînée. La constance à tout instant de la sustentation exige la fixité de l'aile par rapport à la vitesse moyenne. En assimilant $\sin\theta$ à θ et $\cos\theta$ à l'unité, on trouve, avec une approximation qui nous suffit, que les incidences respectives des ailes au temps t seront

$$i_1 = \theta \sin\gamma \quad \text{et} \quad i_2 = -\theta \sin\gamma.$$

En écrivant, comme cela est admis :

$$c_x = \alpha + \beta i^2 \tag{1}$$

et

$$(2) \qquad c_z = \mathrm{A} + \mathrm{B}i,$$

il vient

$$(3) \qquad c_{x_1} = c_{x_2} = \alpha + \beta\theta^2 \sin^2\gamma,$$

$$(4) \qquad c_{z_1} = \mathrm{A} + \mathrm{B}\theta\sin\gamma, \qquad c_{z_2} = \mathrm{A} - \mathrm{B}\theta\sin\gamma,$$

$$(5) \qquad c'_x = \frac{1}{2}[c_{x_1} + c_{x_2} - \theta\sin\gamma(c_{z_1} - c_{z_2})] = \alpha - (\mathrm{B} - \beta)\,\theta^2\sin^2\gamma,$$

$$(6) \qquad c'_y = \frac{1}{2}[(c_{x_1} + c_{x_2})\,\theta + \sin\gamma(c_{z_1} - c_{z_2})] = (\alpha + \mathrm{B}\sin^2\gamma)\,\theta,$$

$$(7) \qquad c'_z = \frac{1}{2}(c_z \;+ c_{z_1}) = \mathrm{A}\cos\gamma.$$

La sustentation étant constante à chaque instant, la *trajectoire n'a pas d'ondulations verticales*, d'où

$$(8) \qquad \frac{d^2 z}{dt^2} = 0, \qquad \frac{dz}{dt} = 0 \qquad \text{et} \qquad \frac{\mathrm{P}}{\mathrm{S}} = \frac{a}{2g}\mathrm{A}\cos\gamma\,\mathrm{V}^2.$$

D'autre part, grâce à la forme en M, les couples de roulis peuvent être annulés, ce que nous supposons, les parties I et II des ailes engendrant un couple opposé à celui des parties I' et II'. Les ondulations horizontales de la trajectoire sont connues en écrivant

$$(9) \qquad \frac{\mathrm{P}}{g}\frac{d^2 y}{dt^2} = \frac{a}{2g}c'_y \mathrm{S}\mathrm{V}^2 = \frac{a\mathrm{S}}{2g}(\alpha + \mathrm{B}\sin^2\gamma)\,\theta\mathrm{V}^2$$

avec

$$(10) \qquad \theta = \frac{1}{\mathrm{V}}\left(v_{\mathrm{M}}\sin\omega t - \frac{dy}{dt}\right).$$

L'intégration de (9) donne

$$(11) \qquad \theta = \frac{v_{\mathrm{M}}}{\mathrm{V}}\frac{\omega\rho}{1 + \omega^2\rho^2}(\omega\rho\sin\omega t + \cos\omega t)$$

avec

$$(12) \qquad \rho = \frac{2\mathrm{P}}{\mathrm{S}\mathrm{V}a(\alpha + \mathrm{B}\sin^2\gamma)}.$$

Ceci posé, la condition de possibilité du vol à voile est que la valeur moyenne de la résistance c'_x soit nulle dans la période, ce qui donne

$$(14) \qquad \left(\frac{v_{\mathrm{M}}}{\mathrm{V}}\right)^2 = \frac{2\alpha}{(\mathrm{B} - \beta)\sin^2\gamma}\left(1 + \frac{1}{\omega^2\rho^2}\right),$$

d'où

$$(15) \qquad v_{\mathrm{M}}^2 = \frac{2\alpha g}{\mathrm{A}(\mathrm{B} - \beta)\cos\gamma\sin^2\gamma}\left[\frac{2\mathrm{P}}{\mathrm{S}a} + \frac{g(\alpha + \mathrm{B}\sin^2\gamma)^2}{\mathrm{A}\omega^2\cos\gamma}\right].$$

Discussion. — D'après l'équation (15), il apparaît que plus α est petit et $B - \beta$ et A grands, moins l'intensité v_M de la pulsation du vent a besoin d'être grande. L'avantage des ailes à grande envergure relative pour lesquelles B et A sont simultanément grands est encore plus marqué ici que dans le cas de pulsations verticales. Pour un planeur genre Goëland nous prendrons $\alpha = 0{,}014$, $\beta = 1{,}3$, $B = 5$, $A = 0{,}4$ et $\gamma = 20^\circ$, soit $\sin\gamma = 0{,}342$.

	$\frac{P}{S}$.	V.	T.	1^s.	$2^s\,{}^1/_{10}$.	$3^s\,{}^{14}/_{100}$.	$4^s\,{}^{20}/_{100}$.	$6^s\,{}^{28}/_{100}$.	$7^s\,{}^{86}/_{100}$.
Albatros...	10^k	20 m : sec	v_M	$5^m,28$	$5^m,40$	$5^m,60$	$5^m,88$	$6^m,57$	$7^m,20$
Goëland ...	5^k	14 m : sec	v_M	$3^m,76$	$3^m,93$	$4^m,20$	$4^m,55$	$5^m,43$	$6^m,18$

Il est remarquable, contrairement à ce que nous avons précédemment indiqué pour l'utilisation de pulsations verticales, que les pulsations horizontales de *toutes périodes* jusque vers 8^s sont efficacement utilisables surtout si l'on note que dans le vent, l'intensité des pulsations croît en général avec leur période. De telles vitesses de 5^m à 7^m à la seconde des pulsations de périodes de 3^s à 8^s sont communément observées dans les fortes brises de mer. Leur utilisation par des ailes passives et indéformables de grande envergure relative en forme d'M aplati à 140° environ permettrait donc à des planeurs tels que ceux envisagés de voler à voile, c'est-à-dire sans dépense propre de puissance, celle-ci étant puisée dans l'énergie interne du vent.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Distribution du champ électromagnétique dans un milieu en repos.* Note [1] de M. **Umberto Crudeli**, présentée par M. Appell.

Soit (s) l'espace où l'on considère la distribution du champ électromagnétique, dans l'hypothèse que cet espace soit limité par une surface (σ) fixe et fermée [surface que nous regarderons comme face intérieure du contour de (s)]; soient, en outre, respectivement ε, μ, λ le pouvoir inducteur spécifique, la perméabilité et la conductibilité électrique du milieu contenu dans (s) (milieu que nous supposerons isotrope et homogène). Cela posé, nous pouvons écrire les équations de Maxwell-Hertz

$$(1)\qquad \begin{cases} \varepsilon \dfrac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + 4\pi\lambda\mathbf{E} = c\,\mathrm{rot.}\mathbf{H}, \qquad \mu\dfrac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} = -c\,\mathrm{rot}\,\mathbf{E}, \\ \mathrm{div.}\,\mathbf{H} = 0, \end{cases}$$

[1] Séance du 11 février 1924.

ayant dénoté par **E** et **H** respectivement la force électrique et la force magnétique et par c la vitesse de la lumière dans le vide.

Nous désignerons par **n** un vecteur unitaire dirigé comme la normale à la surface (σ) et par $\mathbf{n}\times\mathbf{E}$ le produit scalaire de **n** par **E**. Or, en supposant l'espace (s) *simplement connexe* (c'est-à-dire à connexion linéaire simple), je vais montrer que, dans la correspondance qui résultera ci-après manifeste, à chaque triple, constitué par une solution régulière des équations

$$\varepsilon\mu\frac{\partial^2\mathbf{U}}{\partial t^2}+4\pi\lambda\frac{\partial\mathbf{U}}{\partial t}=c^2\Delta_2\mathbf{U}, \tag{2}$$

$$\operatorname{div}\mathbf{U}=0, \tag{3}$$

dans l'espace (s) et par les déterminations initiales de div **E** dans (s) et de $\mathbf{n}\times\mathbf{E}$ sur (σ) (déterminations initiales qui sont susceptibles, ainsi que nous le verrons, d'être assignées arbitrairement, pourvu qu'on respecte, comme il est naturel, la régularité), correspond une solution (régulière), et une seule, du système (1) dans l'espace (s), dans laquelle solution la force électrique se calculera de la manière que nous allons voir, tandis que la force magnétique sera représentée par la susdite solution des équations (2) et (3).

Soit donc, **K** une solution des (2) et (3); et soit **F** le vecteur ayant

$$-\frac{\mu}{c}\frac{\partial\mathbf{K}}{\partial t},\qquad \alpha\equiv\alpha_0 e^{-\frac{t}{\tau}},\qquad e^{-\frac{t}{\tau}}\left\{\beta_0+\frac{c}{\varepsilon}\int_0^t(\mathbf{n}\times\operatorname{rot}\mathbf{K})\,e^{\frac{t}{\tau}}\,dt\right\}$$

respectivement comme rotation dans l'espace (s), comme divergence dans le même espace et comme produit $\mathbf{n}\times\mathbf{F}$ sur la surface (σ), en désignant par e la base des logarithmes naturels, par α_0 et β_0 les déterminations initiales respectivement de div **E** dans (s) et de $\mathbf{n}\times\mathbf{E}$ sur (σ), par τ le temps de relaxation $\left(\text{c'est-à-dire } \frac{\varepsilon}{4\pi\lambda}\right)$. Alors, en posant (avec la signification usuelle pour la lettre r)

$$\mathbf{G}\equiv\mathbf{F}+\frac{1}{4\pi}\operatorname{grad}\int_{(s)}\alpha\frac{ds}{r}, \tag{4}$$

nous connaîtrons immédiatement rot **G** dans (s) et les valeurs de $\mathbf{n}\times\mathbf{G}$ sur (σ); en outre nous aurons div $\mathbf{G}=0$ dans (s). On pourra donc appliquer les formules de Stekloff [1] pour le calcul du vecteur **G**. Après ce calcul on obtient aussi l'expression de **F** au moyen de (4). L'espace (s) étant simplement connexe nous aurons toujours un seul vecteur **F** correspondant aux valeurs considérées de div **F** et de rot **F** dans (s) et de $\mathbf{n}\times\mathbf{F}$ sur (σ); autrement [c'est-à-dire si l'espace (s) n'était pas à connexion

(1) *Annales de la Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse*, 1908.

linéaire simple] on devrait introduire la considération de ce que M. Appell [1] définit comme *modules* relatifs aux diverses classes de courbes fermées qu'on pourrait tracer dans (s). Or, en posant

$$\mathbf{V} = \varepsilon \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial t} + 4\pi\lambda \mathbf{F} - c \operatorname{rot} \mathbf{K}$$

et en n'oubliant pas la construction de $\mathbf{F}$, nous aurons, dans (s),

$$\operatorname{div} \mathbf{V} = \varepsilon \frac{\partial \alpha}{\partial t} + 4\pi\lambda\alpha = 0, \qquad \operatorname{rot} \mathbf{V} = -\frac{\varepsilon\mu}{c} \frac{\partial^2 \mathbf{K}}{\partial t^2} - \frac{4\pi\lambda}{c} \mu \frac{\partial \mathbf{K}}{\partial t} + c\Delta_2 \mathbf{K} = 0;$$

et, sur (σ),

$$n \times \mathbf{V} = \varepsilon \frac{\partial (n \times \mathbf{F})}{\partial t} + 4\pi\lambda \mathbf{n} \times \mathbf{F} - c\mathbf{n} \times \operatorname{rot} \mathbf{K} = 0.$$

Donc, (s) *étant à connexion linéaire simple*, nous avons certainement $\mathbf{V} = 0$ dans (s), c'est-à-dire $\varepsilon \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial t} + 4\pi\lambda \mathbf{F} = c \operatorname{rot} \mathbf{K}$.

Mais, puisqu'on a $\mu \frac{\partial \mathbf{K}}{\partial t} = -c \operatorname{rot} \mathbf{F}$ (par construction) et, en outre, $\operatorname{div} \mathbf{K} = 0$ (par hypothèse), notre théorème est démontré [c'est-à-dire : le couple $(\mathbf{F}, \mathbf{K})$ constitue une solution du système (1)].

Ce théorème, permet d'ailleurs d'obtenir toute solution régulière du système (1) dans l'espace (s).

Au moyen d'un procédé analogue à celui qui précède, nous pourrions, en outre, établir la proposition suivante : A chaque triple, constitué par une solution (disons-la $\mathbf{E}_1$) régulière des équations (2) et (3) dans l'espace (s) *simplement connexe* et par les déterminations initiales de $\operatorname{div} \mathbf{E}$ dans (s) et de $\mathbf{n} \times \mathbf{H}$ sur (σ) (déterminations initiales susceptibles d'être assignées arbitrairement, pourvu qu'on respecte, comme il est naturel, la régularité), correspond une solution (régulière), et une seule, du système (1) dans l'espace (s), dans laquelle solution la force électrique sera représentée par le vecteur

$$\mathbf{F}_1 = \mathbf{E}_1 - \frac{e^{-\frac{t}{\tau}}}{4\pi} \operatorname{grad} \int_{(s)} \alpha_0 \frac{ds}{r},$$

où α_0 représente la détermination initiale de $\operatorname{div} \mathbf{E}$, tandis que la force magnétique sera le vecteur $\mathbf{K}_1$ pour lequel on a dans (s)

$$\operatorname{rot} \mathbf{K}_1 = \frac{\varepsilon}{c} \frac{\partial \mathbf{F}_1}{\partial t} + \frac{4\pi\lambda}{c} \mathbf{F}_1, \qquad \operatorname{div} \mathbf{K}_1 = 0,$$

---

[1] *Traité de Mécanique rationnelle*, t. 3.

et, sur la surface (σ),

$$\mathbf{n} \times \mathbf{K}_1 = \gamma_0 - \frac{c}{\mu} \int_0^t (\mathbf{n} \times \operatorname{rot} \mathbf{E}_1)\, dt,$$

en dénotant par γ_0 la détermination initiale de $\mathbf{n} \times \mathbf{H}$ sur (σ).

Il va sans dire que de cette manière on pourra aussi obtenir toute solution régulière du système (1) dans l'espace (s).

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le principe d'action et les lois de la dynamique de l'éther.* Note [1] de M. **H. Eyraud**, transmise par M. Émile Borel.

Nous nous plaçons dans un espace de Weyl [2]. Le déplacement parallèle d'un vecteur contrevariant U^i, d'un scalaire I, d'un vecteur covariant V_p sont respectivement données par les formules

$$(1) \qquad dU^i = -\Gamma^i_{kr} U^k dx^r \qquad (i, k, r, \ldots = 0, 1, 2, 3),$$

$$(2) \qquad dI = -I\varphi_r dx^r \qquad (\Gamma^r_{ik} = \Gamma^r_{ki}),$$

$$(3) \qquad dV_p = V_i dx^r (\Gamma^i_{pr} - \varepsilon^i_p \varphi_r) \qquad (\varepsilon^i_p = 0 \text{ si } p \neq i,\ 1 \text{ si } p = i);$$

la dérivée covariante d'un tenseur quelconque f^k_i sera

$$(4) \qquad \frac{\partial f^k_i}{\partial x^r} - f^k_p \Gamma^p_{ir} + f^p_i (\Gamma^k_{pr} - \varepsilon^k_p \varphi_r) + f^k_i \varphi_r;$$

le tenseur fondamental a des composantes covariantes ou contrevariantes qui vérifient

$$(5) \qquad \frac{\partial g_{ik}}{\partial x^r} - g_{pk}\Gamma^p_{ir} - g_{ip}\Gamma^p_{kr} + g_{ik}\varphi_r = 0,$$

$$(5)' \qquad \frac{\partial g^{ik}}{\partial x^r} + g^{pk}\Gamma^i_{pr} + g^{ip}\Gamma^k_{pr} - g^{ik}\varphi_r = 0.$$

Nous représentons maintenant par des lettres italiques les densités tensorielles.

De la densité scalaire s on déduit par dérivation covariante la densité vectorielle

$$(6) \qquad \frac{\partial s}{\partial x^r} - \Gamma^p_{rp} s$$

---

[1] Séance du 18 février 1924.

[2] Weyl, *Raum, Zeit, Materie.*

plus généralement, on obtient par dérivation d'une densité quelconque f_i^k

$$\frac{\partial f_i^k}{\partial x^r} - f_p^k \Gamma_{ir}^p + f_i^p (\Gamma_{pr}^k - \varepsilon_p^k \varphi_r) - f_i^k \Gamma_{rp}^p, \tag{7}$$

si l'on appelle g le déterminant des éléments g_{in} et si l'on pose $\mathfrak{G}^{ik} = \sqrt{g}\, g^{ik}$, on démontre les deux formules utiles

$$\frac{\partial \mathfrak{G}^{ik}}{\partial x^r} + \mathfrak{G}^{ip}\Gamma_{pr}^k + \mathfrak{G}^{pk}\Gamma_{pr}^i - \mathfrak{G}^{ik}\varphi_r = 0, \tag{8}$$

$$\frac{\partial}{\partial x^r}(\log\sqrt{g}) - \Gamma_{rp}^p + 2\varphi_r = 0. \tag{9}$$

Nous nous proposons dans ce qui suit un double but.

1° Attribuer une signification géométrique aux différentes grandeurs physiques qui servent à la description des états de l'éther.

2° Établir les lois de l'éther à partir d'une fonction d'action qui en détermine la structure.

Nous considérons séparément la partie symétrique R_{ik} et la partie symétrique gauche E_{ik} du tenseur courbure contracté P_{ik} de sorte que nous avons

$$R_{ik} = \frac{\partial \Gamma_{ik}^l}{\partial x^l} - \frac{1}{2}\left\{\frac{\partial \Gamma_{lk}^l}{\partial x^i} + \frac{\partial \Gamma_{li}^l}{\partial x^k}\right\} + \Gamma_{ik}^q \Gamma_{ql}^l - \Gamma_{lk}^q \Gamma_{qi}^l, \tag{10}$$

$$E_{ik} = \frac{1}{2}\left\{\frac{\partial \Gamma_{li}^l}{\partial x^k} - \frac{\partial \Gamma_{lk}^l}{\partial x^i}\right\}. \tag{11}$$

Ces équations constituent le premier système des équations de l'éther; le tenseur E_{ik} joue le rôle du champ électromagnétique. Nous appellerons R_{ik} le champ métrique.

Nous formons maintenant la densité scalaire $\mathfrak{A}$ qui sera la fonction d'action. Nous prendrons pour $\mathfrak{A}$ la racine carrée du déterminant des éléments P_{ik} [Einstein (¹)].

Nous définissons ensuite à côté des tenseurs R_{ik}, E_{ik} les densités tensorielles correspondantes

$$\mathfrak{G}^{ik} = \frac{\partial \mathfrak{A}}{\partial R_{ik}}, \qquad \mathfrak{H}^{ik} = \frac{\partial \mathfrak{A}}{\partial E_{ik}}. \tag{12}$$

Nous appliquons maintenant le principe d'action stationnaire en donnant aux Γ des variations arbitraires, qui conservent toutefois le caractère projectif de l'espace (conservation de géodésiques). Nous devrons écrire

$$\int \left(\frac{\partial \mathfrak{A}}{\partial \Gamma_{\alpha\beta}^\gamma} - \frac{d}{dx^\sigma}\frac{\partial \mathfrak{A}}{\partial \cdot \frac{\partial \Gamma_{\alpha\beta}^\gamma}{\partial x^\sigma}}\right) \cdot \delta\Gamma_{\alpha\beta}^\gamma . dx = 0 \tag{13}$$

(¹) Einstein, *Sitzber.*, 1923.

avec

$$\delta \Gamma^{\gamma}_{\alpha\beta} = \varepsilon^{\gamma}_{\alpha}.\psi_{\beta} + \varepsilon^{\gamma}_{\beta}.\psi_{\alpha},$$

ψ_{α} étant un vecteur covariant arbitraire.

Il vient ainsi les équations

$$\left[-2\left(\frac{\partial \mathcal{G}^{\alpha\beta}}{\partial x^{\gamma}} - \mathcal{G}^{\alpha\beta}.\Gamma^{\lambda}_{\gamma\lambda} + \mathcal{G}^{i\beta}\Gamma^{\alpha}_{\gamma i} + \mathcal{G}^{i\alpha}\Sigma^{\beta}_{\gamma i}\right) + \varepsilon^{\alpha}_{\gamma}\left(\frac{\partial \mathcal{G}^{\beta\sigma}}{\partial x^{\sigma}} + \mathcal{G}^{ik}\Gamma^{\beta}_{ik} - \frac{\partial \mathcal{H}^{\beta\sigma}}{\partial x^{\sigma}}\right) + \varepsilon^{\beta}_{\gamma}\left(\frac{\partial \mathcal{G}^{\alpha\sigma}}{\partial x^{\sigma}} + \mathcal{G}^{ik}\Gamma^{\alpha}_{ik} - \frac{\partial \mathcal{H}^{\alpha\sigma}}{\partial x^{\sigma}}\right)\right](\varepsilon^{\gamma}_{\alpha}\psi_{\beta} + \varepsilon^{\gamma}_{\beta}\psi_{\alpha}) = 0.$$

Pour y satisfaire nous assujettissons $\mathcal{G}^{ik}$ à vérifier les équations (8); il faudra alors que les $\mathcal{H}^{ik}$ vérifient les équations

(14) $$\frac{\partial \mathcal{H}^{\alpha\sigma}}{\partial x^{\sigma}} + \frac{3}{5}\mathcal{G}^{\beta\sigma}\varphi_{\sigma} = 0,$$

(8) et (14) constituent le deuxième système des équations de l'éther; elles permettent grâce à (12) de déterminer les 44 grandeurs Γ et φ en fonction des champs, et les équations du premier système donneront les 16 composantes des champs, connaissant un état initial de l'éther.

A côté de la densité d'énergie-impulsion électromagnétique

(16) $$\mathcal{S}^{k}_{i} = \mathrm{E}_{ir}\mathcal{H}^{kr} - \frac{1}{2}\varepsilon^{k}_{i}(\mathrm{E}.\mathcal{H})$$

nous écrivons la densité d'énergie-impulsion métrique

(17) $$\mathfrak{G}^{k}_{i} = \mathrm{R}_{ir}\mathcal{G}^{kr} - \frac{1}{2}\varepsilon^{k}_{i}(\mathrm{R}.\mathcal{G}),$$

qui n'est pas autre chose que la densité tensorielle d'Einstein sur laquelle repose sa théorie de la gravitation.

On vérifie sans difficulté que les deux densités d'impulsion sont complémentaires,

(18) $$\mathcal{S}^{k}_{i} + \mathfrak{G}^{k}_{i} = 0.$$

ACOUSTIQUE. — *Sur les expériences relatives à la propagation du son à l'occasion des prochaines explosions provoquées à la Courtine.* Note de M. **Ernest Esclangon**, présentée par M. Émile Borel.

Une Note de M. Bigourdan (1) a signalé l'intérêt des études possibles sur la propagation du son aux grandes distances à l'occasion des fortes explosions qui seront provoquées à la Courtine, en mai 1924, par les soins des services de l'Artillerie.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie quelques suggestions relatives à certaines recherches que ces explosions exceptionnelles pourraient permettre d'entreprendre.

Tout d'abord, j'attirerai l'attention sur certains appareils de détection à grande distance que leur extrême simplicité met pour ainsi dire à la portée de tous.

Les ondes engendrées par les explosions sont constituées, ainsi que je l'ai établi en 1915 au cours de mes recherches pendant la guerre (2) par une *percussion manométrique* (c'est elle qui produit la sensation physiologique de détonation) suivie d'amples oscillations de pression non sonores et que, pour ces raisons, j'ai appelées *infra-sons* (3), lesquels se propagent avec la vitesse du son.

Les appareils de repérage les plus efficaces sont précisément ceux qui sont sensibles aux seuls infra-sons, absents dans les détonations provenant du sillage aérien des projectiles, ce qui permet une discrimination physique aisée des ondes de bouche et des ondes balistiques.

Or le détecteur *infra-sonore* à la fois le *plus simple* et le *plus sensible* peut être constitué de la manière suivante :

Imaginons un récipient quelconque, de préférence à parois légèrement élastiques (un bidon d'essence par exemple de 5^{l} ou 10^{l}); munissons-le à sa partie supérieure d'un tube *court* (3^{cm} à 5^{cm}) et de 6^{mm} à 7^{mm} de dia-

---

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 25.

(2) *Archives de la Commission de Gavre*, 1915-1918; *Revue scientifique*, 9 avril et 23 avril 1921.

(3) Des infra-sons prennent naissance dans des circonstances banales, et chaque fois qu'on déplace *brusquement* dans l'air une surface quelconque (ouverture d'une porte, d'une fenêtre, etc.). Un déplacement continu au contraire ne produit pas d'infra-sons.

mètre intérieur. Faisons arriver dans le récipient (par sa partie inférieure, par exemple) du gaz d'éclairage que nous allumons à l'extrémité de la courte tubulure supérieure ([1]). Réglons enfin l'*entrée* du gaz dans le récipient de manière à obtenir une flamme de 10^{mm} à 20^{mm} de hauteur.

La flamme ainsi obtenue est extrêmement sensible aux infra-sons, en particulier aux ondes engendrées à la bouche des canons ou par les explosions. Elle sera probablement éteinte à 50^{km} par les explosions projetées à la Courtine, ou, dans tous les cas, manifestera de très grandes oscillations. Elle peut être installée à l'*intérieur* d'une salle quelconque, dont les fenêtres resteront ouvertes.

Un autre appareil plus simple, moins sensible mais encore intéressant, est constitué par une banale lampe à essence presque vide (c'est-à-dire insuffisamment garnie); la flamme en étant réglée très courte (4^{mm} à 6^{mm}). Le premier appareil peut être employé dans toutes les villes comportant une canalisation de gaz; le second peut l'être partout; celui-ci sera d'autant plus sensible que son volume utile (volume gazeux) sera plus grand et il est bien facile de construire, au besoin, des lampes de fortune pour cette circonstance ([2]).

Je signalerai quelques points importants méritant un intérêt scientifique spécial. Les ondes provenant des explosions sont des ondes amorties dont la période, du reste très mal définie (car le phénomène est loin d'être extrêmement périodique) est d'autant plus grande que la quantité d'explosif est plus considérable. Ces ondes se déforment dans leur structure intime avec la distance. La percussion manométrique initiale peut même disparaître et ne laisser subsister que l'infra-son consécutif; le phénomène n'est plus audible mais reste décelable par des appareils infrasonores (j'ai obtenu des enregistrements répétés et à grande distance dans ces conditions).

Une autre circonstance qui donne lieu aux manifestations les plus singulières est celle de la *réflexion* des ondes sur les surfaces de discontinuité atmosphériques (discontinuités de vitesses notamment). La théorie permet

---

([1]) Il est important d'attendre quelques minutes avant l'allumage, pour être bien assuré que le récipient est plein de gaz pur et non d'un mélange explosif d'air et de gaz.

([2]) Par exemple, un bidon contenant seulement un peu d'essence dans laquelle plonge une longue mèche débouchant par une courte tubulure à l'extérieur, quelques précautions sont à prendre pour éviter toute possibilité d'explosion.

de prévoir toutes les conséquences possibles de telles réflexions (¹), fréquentes vis-à-vis de phénomènes dont l'intensité permet le franchissement, par propagation, d'énormes distances sur lesquelles s'échelonnent es caractères météorologiques les plus divers.

Tout d'abord, lorsqu'il n'y a pas réflexion totale, l'onde réfléchie peut être directe (c'est-à-dire semblable à l'onde incidente), soit *inversée*, c'est-à-dire semblable mais avec des signes contraires; dans ce dernier cas, au lieu de débuter par une *compression*, l'onde réfléchie débute par une *dépression*. J'ai assez souvent enregistré ce phénomène d'inversion à Gavre.

Lorsqu'il y a *réflexion totale*, le phénomène devient plus particulièrement intéressant encore. L'onde réfléchie est la superposition de deux ondes, dont la première est semblable à l'onde incidente, sauf qu'elle peut être directe ou inversée; mais la seconde peut n'avoir que des rapports lointains avec la première. Elle est analogue à une sorte d'onde d'induction ou de réaction dont les amplitudes dépendent des dérivées dans les variations d'amplitude de l'onde incidente, et aussi, quoique à un degré moindre, des éléments de l'onde tout entière. Les caractères d'audibilité physiologique notamment peuvent être profondément altérés. Une onde pourrait être, en ce qui concerne son audibilité, éteinte par réflexion, ou, au contraire, une onde non audible pourrait le devenir après réflexion.

On voit par cela même combien est grand l'intérêt qui s'attache à la recherche de la *forme physique* intime des ondes qui seront observées. Pour en tirer tout le parti scientifique profond qu'elles comportent, il paraît donc désirable de réaliser le plus grand nombre possible *d'enregistrements manométriques* à des distances échelonnées (20..., 40..., 80^{km}, ...) et dans des azimuts différents.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'ordre supérieur de l'argon, du crypton et du xénon*. Note de MM. **Léon Bloch, Eugène Bloch** et **Georges Déjardin**, présentée par M. Brillouin.

Deux d'entre nous ont indiqué récemment une méthode d'analyse des spectres d'étincelle, qu'ils ont appliquée d'abord aux spectres du mercure (²).

(¹) E. Esclangon, *Sur la réflexion d'ondes isolées à la surface de séparation de deux fluides (identiques ou différents), en mouvement ou en repos relatif* (*Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 99 et 175).

(²) Voir Léon et Eugène Bloch, *Spectres d'étincelle d'ordre supérieur* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 833-1523, *et Journ. de Phys. et le Rad.*, t. 4, 1923, p. 333).

Cette méthode repose sur l'emploi systématique de la décharge oscillante produite dans un tube sans électrodes au moyen d'un enroulement inducteur, selon le montage imaginé par J.-J. Thomson. On sait que la décharge oscillante s'accompagne d'une émission lumineuse intense, plus ou moins localisée dans la zone annulaire voisine de l'enroulement. En augmentant progressivement le potentiel de décharge et en projetant l'image de l'anneau lumineux sur la fente d'un spectrographe, on obtient des clichés présentant des raies longues (raies d'arc) et des raies courtes (raies d'étincelle); ces dernières tendent peu à peu à devenir longues, en même temps qu'il se forme de nouvelles raies courtes (raies d'étincelle d'ordre supérieur).

La méthode a fourni dans le cas du mercure au moins trois spectres d'étincelle d'ordres successifs, que nous avons désignés par les lettres E_1, E_2, E_3, et qui appartiennent selon toute probabilité aux ions Hg^+, Hg^{++}, Hg^{+++}. Nous avons vérifié qu'elle s'applique aussi bien à un grand nombre d'autres corps. La présente Note est relative aux gaz rares de l'atmosphère (argon, crypton, xénon), pour lesquels nous avons constaté comme pour le mercure l'existence de spectres nouveaux d'ordre supérieur.

Les gaz étudiés nous ont été fournis en échantillons très purs par MM. Moureu et Lepape, que nous sommes heureux de remercier ici. Chacun des gaz est pratiquement exempt des deux autres; en particulier, le crypton ne contient pas de xénon et le xénon ne contient pas de crypton.

Le gaz est introduit, sous une pression de quelques dixièmes de millimètre de mercure, dans un tube de silice fondue, fermé par des fenêtres de même substance. Le tube est préalablement vidé d'une manière complète au moyen d'une pompe à diffusion, en même temps qu'on le maintient pendant plusieurs heures au rouge vif en présence d'air liquide (ou de neige carbonique). Après introduction du gaz, le tube est scellé. L'examen spectroscopique ne décèle comme impureté ni vapeur d'eau ni vapeur de mercure, parfois seulement des traces de carbone.

Le fonctionnement de la décharge oscillante entraîne un durcissement progressif du tube, qui a lieu très rapidement avec l'argon, un peu moins vite avec le crypton, beaucoup moins vite avec le xénon. Cet effet semble dû à l'absorption des gaz par la paroi de quartz. On peut en effet régénérer le tube par un chauffage prolongé à la température du rouge sombre.

Lorsque le potentiel de décharge s'accroît, on voit avec l'argon et le crypton se former d'abord l'anneau rougeâtre caractéristique du spectre d'arc, puis l'anneau bleu caractéristique du spectre d'étincelle du premier ordre, enfin l'anneau blanc qui accompagne la formation des spectres

d'étincelle d'ordre supérieur. Avec le xénon, les premières phases sont difficiles à isoler, et l'on obtient très vite un anneau blanc d'un éclat éblouissant.

En même temps que ces changements d'aspect de la décharge, on observe sur les clichés des changements parallèles dans l'évolution des raies. Les raies d'arc apparaissent les premières comme raies longues, puis les raies d'étincelle du premier ordre se forment aux bords. Ces raies sont déjà longues quand les raies d'ordre supérieur se dessinent seulement comme raies très courtes. L'étude systématique de l'évolution des raies permet de les dissocier aisément et l'on arrive dans la plupart des cas à les classer avec sécurité. Pour certaines raies faibles ou d'ordre élevé, il peut subsister quelque incertitude.

	E_1.	E_2.	E_3.
Argon : $\lambda =$	3376,62	3344,86	4183,11
	3351,11	3336,27	4023,73
	3307,37	3311,32	3960,59
	3293,77	3301,94	3858,46
	3281,87	3285,91	3750,43
Crypton : $\lambda =$	3535,48	3564,38	3934,29
	3488,74	3507,58	3932,80
	3470,19	3474,79	3898,83
	3460,24	3439,60	3863,95
	3446,66	3375,09	3860,58
Xénon : $\lambda =$	4057,55	4050,19	4145,85
	3950,70	3781,13	4109,20
	3908,00	3624,21	3895,18
	3849,97	3583,79	3654,75
	3565,35	3579,85	3641,15

D'une façon générale, nous avons reconnu pour chacun des gaz étudiés *trois spectres d'étincelle* d'ordres successifs (en plus du spectre rouge caractéristique de l'atome neutre). Il y a entre les spectres correspondants des analogies que l'on ne peut méconnaître. Pour chacun des gaz précités, le spectre E_1, ou spectre du premier ordre, qui est le plus intense et le plus riche en raies, s'étend sur tout le domaine spectral depuis l'extrême rouge jusqu'à l'extrême ultraviolet. Le spectre E_2, beaucoup moins riche en raies, commence brusquement à la fin du violet ou au début de l'ultraviolet : il n'y a pas de raies E_2 dans la région visible. Le spectre E_3 se compose de raies assez régulièrement réparties, plus nombreuses toutefois dans l'ultraviolet que dans la région moins réfrangible. Le tableau ci-dessus donne, simplement à titre d'exemple, quelques raies importantes des

spectres E_1, E_2, E_3 de l'argon, du crypton et du xénon. Les valeurs de λ sont empruntées aux mesures de Kayser et de Baly. Une analyse détaillée de ces spectres paraîtra dans un autre Recueil.

STÉRÉOSCOPIE. — *Un mode nouveau de représentation des objets dans l'espace à trois dimensions : la Stéréographie.* Note [1] de M. HENRY LUTIGNEAUX, présentée par M. J.-L. Breton.

Les méthodes de représentation dans l'espace des objets microscopiques ou macroscopiques se ramènent à trois principales : méthode de Born, méthode de photosynthèse de Lumière, méthode stéréoscopique de G. Dubreuil (de Bordeaux).

Le mode de représentation que nous avons réalisé et que nous proposons sous le nom de « Stéréographie » consiste à dessiner et à peindre sur des lames de verre les éléments spatiaux d'un objet à reproduire et ceci d'une manière telle que ces lames superposées figurent dans l'espace la reconstruction exacte de cet objet. On pourra ainsi mettre en évidence les détails de structure les plus fins et donner à l'objet reconstruit sa transparence naturelle, en utilisant pour l'exécution des encres et des couleurs convenables.

Cette méthode est applicable aux reconstructions faites au moyen des coupes en série et, point plus important, permet de reconstituer aussi les objets qu'il est impossible de couper au microtome.

TECHNIQUE. — I. *Reconstruction en série.* — L'exécution est ici parallèle à celle de la méthode de Born. Les dessins des coupes sériées sont exécutés sur des feuilles de papier et repérés, on les calque ensuite sur des lames de verre à photographie en utilisant comme encres des solutions transparentes de gomme arabique ou du Sénégal additionnées de colorants divers, ou des vernis à vitraux du commerce. On emploie par exemple pour les tons noirs quatre teintes allant du gris léger au noir franc en mélangeant 10, 20, 30, 50 gouttes d'encre de Chine à 5^{cm^3} de solution fluide de gomme. Le choix de la teinte est approprié à la coloration de la partie à reproduire ou à mettre en évidence. Les plaques travaillées sont séchées puis superposées dans l'ordre de la série et collées au baume de Canada-xylène. On peut éviter l'opération difficile du collage des plaques de grande dimension et diminuer de moitié leur nombre en exécutant deux dessins sur une seule lame (l'un d'eux étant effectué par retournement); on superpose alors les lames en intercalant entre chacune d'elles des taquets de carton d'épaisseur convenable.

II. *Reconstruction des objets microscopiques entiers.* — Un objet trop ténu pour

[1] Séance du 11 février 1924.

être débité au microtome en un nombre suffisant de coupes ou assez exigu pour être contenu dans l'épaisseur d'une seule coupe, peut être reconstitué de la manière suivante: un dessin de l'objet, exécuté au microscope — ou même une microphotographie — porte, annotées en chiffres, les positions en profondeur des éléments principaux (ces mesures sont effectuées très simplement au moyen de la vis micrométrique du microscope). Ce dessin ainsi repéré permet d'exécuter, à la même échelle, une seconde figure par rabattement des parties à 90°; on a alors une vue de l'objet tel qu'il eût été sectionné suivant un plan vertical normal au porte-objet; cette seconde figure est striée de parallèles dont l'écartement est égal à l'épaisseur des lames de verre à employer pour la reconstruction. Dans un temps suivant, on quadrille le premier dessin repéré de carrés de 1mm de côté. On est alors en possession de tous les éléments spatiaux nécessaires à la reconstitution.

On passe alors à la confection des stéréogrammes qu'on trace au crayon sur des feuilles de papier numérotées, on les calque ensuite en lignes et teintes plates appropriées sur les lames de verre. Il ne reste plus qu'à coller ou à empiler ces lames dans un cadre-support pour obtenir une reconstruction démonstrative de l'objet avec sa forme, ses rapports et ses structures internes.

Le procédé est d'application très générale, outre les reconstructions cytologiques et embryologiques que nous avons déjà réalisées avec son aide (acinus pulmonaire, cellules intestinales, œufs de cobaye au cours de la fécondation, etc.) ses applications peuvent être étendues à l'anatomie topographique et même à la représentation des fonctions mathématiques, épures géométriques, schémas stéréochimiques, etc., dans les trois dimensions de l'espace.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Une nouvelle théorie relative à la constitution moléculaire des compositions chimiques.* Note de M. C. **Bulow**.

M. H.-A. Armstrong, d'une part (1), et MM. Kling et Lassieur, d'autre part (2), ont présenté une théorie de la constitution de l'eau. Je désire rappeler que, dès 1919, j'ai émis des idées présentant des analogies avec celles des auteurs désignés plus haut. On trouvera l'exposé de ma théorie dans le Mémoire intitulé : *Eine neue Theorie vom Bau chemischer Verbindungen* (3).

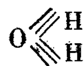
J'envisage l'eau comme étant formée de molécules monomériques

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1892.

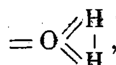
(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 109.

(3) *Samlung Chemischer und Chem. technischer Vorträge*, Band 25, Stuttgart, 1919.

« Aquanes » en solution au sein d'un liquide formé par les molécules polymérisées. Dans cette hypothèse, l'eau est formée par le schéma

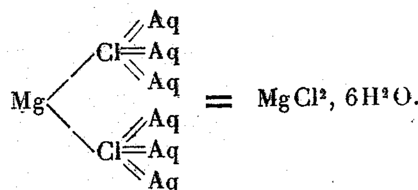


qui peut se transformer en



les valences libres pouvant fixer des halogènes ou se saturer réciproquement.

On peut ainsi représenter la formule de constitution des sels hydratés, celle du chlorure de magnésium, par exemple, qui prend la forme



A la vérité, ce schéma doit être modifié, le sel étant trimoléculaire; il faut réunir trois éléments semblables à celui figuré.

D'une façon analogue, on peut représenter le sel $Ca^2Bi^2I^{10}, 18H^2O$ formé par la combinaison de CaI^2 et BiI^3, et aussi un très grand nombre de sels complexes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Dosage, dans les différents organes, du polonium injecté dans l'organisme.* Note de Mme J. SAMUEL LATTÈS et M. ANTOINE LACASSAGNE, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons décrit dans une Note antérieure (¹) la technique de dosage du polonium qui nous a servi dans les expériences dont nous apportons les premiers résultats.

Cette série d'expériences a porté sur huit lapins, auxquels ont été injectées des doses allant de 200 à 500 U. E. S., et dont la survie a varié entre 6 jours et 3 mois et demi. Les injections ont été faites : 3 fois sous la peau, 3 fois dans la veine marginale de l'oreille, 2 fois dans la cavité péritonéale.

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 630.

Les injections sous-cutanées et intraveineuses ont été pratiquées soit en une seule fois, soit par doses quotidiennes, administrées en une dizaine de jours.

Six organes ont été systématiquement analysés : rate, rein, foie, poumon, myocarde et cerveau. Nous avons constaté que le taux du polonium retenu par chacun, à des délais variables après l'injection, est sensiblement le même, que l'injection ait été faite par voie intraveineuse, intrapéritonéale ou sous-cutanée. Cependant, l'analyse de la peau, au siège des injections, dans les cas d'utilisation de la voie sous-cutanée, a montré, même après plus de 2 mois, la rétention d'une quantité notable du corps radioactif.

Du fait de l'élimination (et pour une faible part du fait de la désintégration), la quantité de polonium contenue dans les différents organes diminue progressivement (rapidement dans les premiers jours, plus lentement dans la suite). Mais la répartition entre les différents organes ne reste pas la même, à mesure que s'éloigne la date de l'injection.

Parmi les organes systématiquement examinés, ceux qui se sont montrés de beaucoup les plus riches en polonium, par gramme de tissu, sont la rate et le rein. La radioactivité de la rate va décroître progressivement et régulièrement, cet organe restant encore un des plus riches deux mois et demi après l'injection. Au contraire, le rein perd plus rapidement sa radioactivité, qui, d'abord égale par gramme de tissu à celle de la rate, tombe, après un mois, au quart environ de celle de cet organe.

Le foie et le poumon retiennent une quantité de polonium qui, rapportée au poids de l'organe, est sensiblement égale dans chacun d'eux, mais inférieure dès le début au quart de la dose retenue par la rate et le rein. En outre, leur radioactivité diminue, assez rapidement pour le poumon après quinze jours, très rapidement pour le foie, qui, un mois après l'injection, n'en contient plus que 15 à 20 fois moins que la rate.

Le cœur ne montre, au début, qu'une activité ne dépassant pas le $\frac{1}{25}$ de celle de la rate et très rapidement décroissante dès les premiers jours; elle est extrêmement faible après un mois et inappréciable après deux mois.

Quant au cerveau, il ne retient pour ainsi dire rien du polonium; six jours après l'injection (la plus courte survie de nos expériences) sa radioactivité n'était que le $\frac{1}{500}$ de celle de la rate.

Les autres organes n'ont pas été systématiquement examinés, ayant été utilisés parfois pour l'examen par méthode autoradiographique [1]. D'autre

---

[1] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 488.

part, il importe de signaler, à propos de certains d'entre eux dont le volume est petit, que la méthode de dosage consistant à rapporter la radioactivité à 1g de tissu a l'inconvénient de multiplier parfois considérablement de petites erreurs, qui deviennent au contraire négligeables en cas d'organes volumineux. Nos résultats pour certains de ces petits organes devront donc être vérifiés dans une nouvelle série d'expériences.

Les glandes sexuelles (ovaires et testicules) retiennent le polonium en quantité de même grandeur approximative que le poumon et le foie. Mais ils le conservent plus longtemps, et après deux mois sont encore parmi les organes qui en contiennent le plus. La radioactivité des surrénales, d'abord marquée, décroît assez rapidement après un mois. La moelle osseuse est riche en polonium dès le début et le reste longtemps, alors que la substance osseuse proprement dite n'en contient qu'une très faible quantité. La peau, en dehors de la zone d'injection, se montre peu radioactive. L'intestin fixe, au contraire, une assez grande quantité de polonium dont le taux augmente même progressivement; il était l'organe de beaucoup le plus radioactif après deux mois et demi.

Dans deux expériences, nous avons examiné le sang lui-même, dont l'activité était encore nette 6 jours après l'injection (même ordre de grandeur que le myocarde); après 2 mois, elle était très faible et d'un tiers plus marquée pour le caillot que pour le sérum. Chez une lapine ayant mis bas, 2 mois après l'injection, le lait a été examiné; il contenait une proportion relativement forte de polonium, de même ordre que dans la bile dans laquelle on en trouvait dix fois plus par gramme que dans le foie.

Enfin, chez une lapine pleine, sacrifiée au 18e jour de sa gestation, 6 jours après l'injection, nous avons recherché le polonium comparativement dans le placenta et le fœtus : le placenta s'est montré le plus riche de tous les organes, dépassant d'un quart la rate et le rein, alors que le dosage minutieux du fœtus mettait en évidence une radioactivité nulle pour le fœtus et extrêmement faible pour le liquide amiotique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une théorie physique des réactions chimiques.* Note de M. **P. Lasareff**, présentée par M. Jean Perrin.

La théorie de M. Bohr montre que la combinaison de deux atomes identiques (hydrogène, hélium) en une molécule stable ne peut s'effectuer sans influence d'énergie extérieure qu'à la condition que l'énergie contenue dans

la molécule combinée des deux atomes soit plus petite que l'énergie des atomes séparés.

Nous pouvons admettre qu'en général la transformation d'un système atomique en un nouveau système stable sans influence d'énergie extérieure peut se produire si l'énergie du système initial est plus grande que l'énergie du système final. Ceci posé nous supposons que l'accélération de la réaction doit toujours avoir lieu s'il existe des causes augmentant la quantité de l'énergie atomique. D'après la théorie de M. Bohr, le passage des électrons des orbites plus proches aux orbites plus éloignées augmente l'énergie des atomes, et nous supposons qu'en même temps la faculté des atomes de réagir chimiquement augmente.

Nous savons que, dans les conditions d'équilibre thermique, les gaz donnent un rayonnement causé par les passages des électrons des orbites éloignées aux orbites plus proches. Pour que l'équilibre thermique puisse exister, il faut admettre qu'il existe toujours des causes restituant les grands atomes. Ces causes peuvent dépendre des forces électriques agissant sur les électrons pendant les chocs des molécules. L'augmentation de la vitesse du mouvement des molécules doit par conséquent provoquer l'accroissement de l'énergie atomique. Il est probable que les atomes gazeux de grande dimension, dans les conditions ordinaires, sont beaucoup plus rares que les petits atomes. On sait en effet (1) que le nombre des atomes rayonnant en une seconde augmente si les dimensions des atomes diminuent.

L'augmentation de la température augmente les vitesses du mouvement des molécules, et par suite, le nombre relatif des grands atomes capables de réagir chimiquement. La vitesse de la réaction chimique doit donc croître avec la température.

Sous un volume donné les atomes possèdent des dimensions maxima déterminées, parce que les grandes orbites des électrons sont dérangées par les forces électriques provenant des atomes voisins. On peut en déduire que l'augmentation du nombre relatif des grands atomes n'est pas la même aux températures différentes et que le coefficient thermique de la réaction doit diminuer avec l'augmentation de la température.

Dans les réactions photochimiques c'est l'action de la lumière qui provoque le passage des électrons aux orbites extérieures et par suite l'augmentation des dimensions de l'atome. Comme on peut le voir, la distribution des atomes de différentes grandeurs sous l'action de la lumière et sous

---

(1) Voir P. Lasareff, *Philosoph. Mag.*, t. 14, 1923, p. 430.

l'influence de la température élevée doit être analogue. On peut conclure que les coefficients thermiques des réactions aux températures élevées et les coefficients des réactions photochimiques doivent être les mêmes. On sait en effet que les coefficients thermiques de ces deux sortes de réactions sont toujours très petits.

Il reste à indiquer enfin que l'augmentation des atomes sous l'action de la lumière doit provoquer l'augmentation de volume du gaz à une pression constante; comme les observations de Bunsen l'ont montré, il existe en effet au cours de la réaction photochimique une augmentation de volume du gaz indépendante de l'échauffement de celui-ci.

Cette théorie qualitative peut être précisée quantitativement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation argento-sulfochromique de la houille.* Note de M. L.-J. Simon.

Dans une Note précédente (¹) j'ai indiqué les résultats de l'oxydation sulfochromique dans des conditions déterminées sur un échantillon de houille. Sur le même échantillon on a examiné l'action du mélange d'acide sulfurique concentré et de bichromate d'argent. Bien que plus actif que le précédent ce mélange ne permet pas la gazéification totale du carbone, contrairement à ce qui a lieu pour le graphite dans les mêmes conditions (²).

I. Si même on prolonge la durée de l'action à 100° du mélange oxydant au delà de 4 minutes — durée utilisée dans notre technique — la limite s'écarte encore notablement de la teneur en carbone de l'échantillon fixé par l'analyse organique habituelle : 72,4 pour la houille non séchée. Voici quelques résultats :

Durée de chauffe à 100°.	C pour 100.				Résidu pour 100.
	volumétrique.	de CO^2.	de CO.	total.	
4 minutes......	63,5	60,3	3,5	63,8	9
4 minutes......	64,2	»	»	»	»
1 heure......	76,1	62,5	3,8	66,3	8
2 heures.......	100,0	64,6	3,1	67,7	7,5

D'après ces expériences il y aurait donc environ 4 à 5 pour 100 de carbone inattaquable à 100° par le mélange argento-sulfochromique et à peu près autant de carbone gazéifié lentement à 100°.

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 495 à 498.
(²) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 122 à 124.

II. En suivant le dégagement gazeux pendant l'oxydation on observe que le dégagement gazeux déjà sensible au-dessous de 50° s'accélère puis subit vers 60° un ralentissement notable. On a en conséquence dirigé l'opération de façon à mesurer d'une part le gaz recueilli jusqu'à 60° et à séparer d'autre part le résidu insoluble de cette opération incomplète.

Le carbone gazéifié correspond approximativement à 50 pour 100 de la houille. Le résidu charbonneux inattaqué est séparé du bichromate d'argent, lavé et pesé : il correspond à 27,74 pour 100 de la houille; ce résidu soumis à l'analyse organique habituelle renferme 56,84 pour 100 de carbone, c'est-à-dire 15,7 pour 100 de la houille initiale.

Si au carbone gazéifié on ajoute le carbone résiduel on arrive à un total de 65,7 inférieur à 72,4 que contient la houille. La différence 6,7 correspond au carbone *solubilisé* à 60° par le mélange argento-sulfochromique.

Si par ailleurs on soumet le résidu de cette opération à l'action des mélanges sulfochromiques dans les conditions habituelles de notre technique on trouve :

40 pour 100 de C avec le mélange argento-sulfochromique,
35,6 pour 100 de C avec le mélange sulfochromique,

avec cette observation qu'une notable partie du dégagement gazeux se produit encore aux environs de 50°-60°.

L'emploi du bichromate d'argent révèle ainsi dans le résidu 11,1 pour 100 du carbone de la houille. Si l'on retranche ces 11,1 des 15,7 qui existent dans ce résidu on trouve 4,6 *pour* 100 *de carbone inattaquable* par cet oxydant comme dans l'expérience de longue durée.

III. Pour interpréter ces résultats il a paru utile d'examiner comment se comporte le coke *soigneusement pulvérisé* quand il est soumis aux mêmes épreuves. Il n'est brûlé complètement ni en 4 minutes, ni en 2 heures, par l'emploi des deux mélanges chromiques.

Pour 100 de carbone constaté par l'analyse organique habituelle :

CrO^3 en révèle 12,5 après 4 minutes, 45,8 après 2 heures;
$Cr^2O^7Ag^2$ en révèle 18,0 après 4 minutes, 61,0 après 2 heures.

Il reste donc inattaqués 54,2 pour 100 par CrO^3, 39,0 pour 100 par $Cr^2O^7Ag^2$ après 2 heures de chauffe à 100°. Ces proportions ont été utilisées à dresser le Tableau suivant qui condense tous les résultats numériques de cette Note et de la précédente (*loc. cit.*). *J'ai interprété ces résultats en supposant en première approximation la houille constituée par l'association intime de deux constituants* A *et* B.

L'un A, dont la gazéification commence à température relativement basse, se comporte vis-à-vis des oxydants chromiques à la manière des carbures aromatiques (¹), c'est-à-dire que la gazéification, complète avec $Cr^2O^7Ag^2$, est partielle ($\frac{9}{10}$ environ) avec CrO^3.

L'autre constituant B se comporte comme le coke, c'est-à-dire que sa gazéification ne se produit qu'aux environs de 100°, qu'elle est toujours incomplète et conforme aux proportions indiquées plus haut.

Dans notre cas particulier, le carbone total — 72,4 — se répartirait en 60,6 de A et 11,8 de B ou sous une autre forme : pour 100 du carbone total, il y aurait respectivement 84 et 16 de A et B.

C pour 100.		Par $Cr^2O^7Ag^2$. A.	B.			Par CrO^3. A.	B.		
Gazéifié	avant 60°...	50	»	62,7	67,8	50	»	56,6	63,4
	à 60°-100°..	10,6	2,1			5,1	1,5		
	à 100° (2h).	»	5,1			2,9	3,9	6,8	
Inattaqué à 100° (2h).		»	4,6			2,6	6,4	9	
		60,6	11,8			60,6	11,8	72,4	

L'interprétation formulée plus haut s'étend-elle à tous les échantillons de houille, à la tourbe, au lignite, et avec quelles modifications? Les deux constituants sont-ils ceux qui jouent le rôle fondamental dans la cokéfaction? Faut-il les confondre avec ceux que l'on désigne sous le nom de vitrain, clarain, fusain, durain à la suite des recherches pétrographiques de Stopes (²) (1918)? Sont-ils également hydrogénables sous pression (Bergius)? Quels rapports ont-ils avec ceux que la méthode des solvants ou que le fractionnement dans le vide amènent à discriminer? Ont-ils un rapport d'origine avec la lignite et la cellulose des végétaux vivants ou l'un d'eux provient-il d'une modification partielle de l'autre au cours de périodes géologiques? Toutes ces questions, qui montrent l'importance du problème, appellent des réponses.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'action de l'amidure de sodium sur les carbures acétyléniques vrais.* Note de M. **Bourguel**, présentée par M. Haller.

M. Picon, faisant agir l'amidure de sodium en suspension dans le benzène bouillant sur des carbures acétyléniques vrais, a constaté que seuls les car-

(¹) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 265.
(²) D'après Florentin, *Conférence faite devant la Société chimique* (1922).

bures d'un rang assez élevé donnent le dérivé sodé avec élimination d'ammoniaque. D'autre part dans mes premières recherches sur la préparation de ces carbures par l'amidure à partir des dérivés halogénés des carbures saturés ou éthyléniques (prenons par exemple le cas d'un dérivé dihalogéné), je constatai qu'il se dégageait tantôt deux tantôt plus de deux molécules d'ammoniaque. Dans ce deuxième cas il n'y avait plus d'acétylénique libre dans le ballon : Il s'était fait le dérivé sodé. Dans le premier cas au contraire le carbure était libre. Ce tout dernier résultat logique en apparence était pourtant inexact et dû à une altération de l'amidure.

Dans aucun des nombreux cas étudiés jusqu'ici le carbure acétylénique ne se trouve à l'état libre à la fin de la réaction ; le chlorure cuivreux ammoniacal n'en décèle aucune trace et l'on sait pourtant combien ce réactif est sensible.

Cela est vrai aussi bien pour le pentine qui bout à 40° que pour l'hexine, l'heptine, le phénylacétylène, le phénylpropine, le cyclohexylpropine.

On peut de plus faire la remarque suivante : Prenons par exemple le cas du dérivé dichloré de la méthyl-*n*-propylcétone, soit $CH^3 - CCl^2 - C^3H^7$. L'ammoniac qui se dégage entraîne avec lui du dérivé monochloré $CH^2 = CCl - C^3H^7$ qui n'a pas encore réagi, il entraîne même du xylène (milieu de la réaction) mais n'entraîne pas de pentine pourtant si volatil. Cela est vrai dans d'autre cas : Il faut donc que dès sa formation le carbure acétylénique soit engagé dans une combinaison.

Quelle est cette combinaison ? La première hypothèse qui se présente à l'esprit est : dérivé sodé. Hypothèse logique dans le cas des carbures de rang assez élevé où tout concourt à la vérifier : et les observations de M. Picon et le dégagement d'ammoniaque supérieur à 2^{mol}.

Pourtant il y a des contradictions dans le cas des carbures volatils tels que le pentine ou l'hexine. M. Picon trouve qu'il ne se fait pas de dérivé sodé quand on met directement en présence le carbure et l'amidure. En accord avec lui je constate qu'il ne se dégage que juste 2^{mol} d'ammoniaque. (Je me suis assuré que tout l'halogénure avait réagi et que l'on ne pouvait mettre ce déficit sur le compte d'une réaction incomplète.)

Selon toute apparence la combinaison d'acétylénique et d'amidure de sodium se fait sans dégagement d'ammoniac.

Enfin nouvelle contradiction : si l'on fait tomber goutte à goutte du pentine vrai, par exemple, dilué de xylène sur de l'amidure en suspension dans du xylène à 120°, alors il se dégage instantanément 1^{mol} d'ammoniaque par molécule de carbure : cette fois il se fait le dérivé sodé.

Dans le cas d'un carbure de rang élevé, tel que le phénylacétylène, j'ai bien dit qu'il se dégage plus de 2^{mol} d'ammoniaque, mais pour cela il faut une très longue chauffe (20 heures). Or, si, n'attendant pas si longtemps, on libère l'acétylénique formé, le rendement est à peu près le même qu'avec une longue chauffe, quoique le dégagement soit plus faible : la troisième molécule d'ammoniaque ne se dégagerait-elle que lentement après une première combinaison d'amidure et de carbure sans dégagement de base.

Pour expliquer tous ces faits il faudrait dire :

1° Tous les acétyléniques vrais traités par l'amidure de sodium, dans les conditions indiquées plus haut, donnent le dérivé sodé avec dégagement d'une molécule d'ammoniaque.

Si M. Picon n'a pu le constater cela tient sans doute à son mode opératoire; la volatilité de certains carbures empêchant une élévation de température suffisante.

2° A l'état « naissant » le carbure vrai semble former avec l'amidure de sodium une combinaison qui dans certains cas laisse ensuite dégager la molécule d'ammoniac en excès, on a alors le dérivé sodé.

Pour essayer d'éclaircir la question j'ai fait agir le gaz carbonique sur le contenu du ballon en fin de réaction. On pouvait mesurer la quantité de CO^2 absorbée. La réaction se poursuit rapide par agitation, avec grand dégagement de chaleur, elle est pratiquement complète au bout de peu de temps. En moyenne on constate une absorption de $0^{mol},6$ environ par molécule de dichlorure, absorption qui correspond exactement au rendement en acétylénique trouvé préalablement en détruisant par l'eau et l'acide la combinaison formée.

On s'attend alors à trouver les acides acétyléniques en quantités correspondantes. Il n'en est rien, il y a toujours de l'acide, mais en faible quantité : à peine le tiers ou le quart du gaz carbonique absorbé.

Cela semble confirmer l'hypothèse que la combinaison acétylénique n'est pas, dans les conditions où j'opère, que du dérivé sodé.

D'autres expériences sont en cours sur la question.

CHIMIE. — *Le glucose des glucosides α et β.* Note de M. **H. Colin** et Mlle **A. Chaudun**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Il est établi que le *d*-glucose peut affecter trois formes distinctes, correspondant aux trois pouvoirs rotatoires +106, +52,5 et +20. Seule, la

variété intermédiaire — qu'il s'agisse d'un corps défini ou d'un mélange des deux formes extrêmes — est stable en solution aqueuse, les deux autres se transformant en celle-là avec des vitesses propres qui dépendent de la température, de la réaction du milieu, etc.

On admet (¹) que les glucosides de synthèse des deux séries α et β diffèrent par la structure du glucose qui entre dans leur molécule. Mais ce n'est là qu'une hypothèse que, de divers côtés et par des méthodes variées, on s'efforce de vérifier. Il était à prévoir que l'étude minutieuse de l'hydrolyse diastasique permettrait de trancher la question. A supposer, en effet, que le glucose mis en liberté appartienne à l'une ou à l'autre des deux formes *instables*, il se produit nécessairement des perturbations dans les propriétés optiques des liqueurs soumises à l'action des ferments et, pour peu que l'hydrolyse soit rapide, on doit pouvoir atteindre séparément chacun des deux phénomènes qui se superposent : dédoublement du glucoside et transformation du glucose libéré.

Au cours de recherches sur la loi d'hydrolyse des glucosides d'alcools, nous avions constamment observé des différences appréciables dans les résultats, suivant que les dosages étaient effectués par voie optique ou par réduction. C'est en cherchant la raison de ces anomalies que nous sommes arrivés à cette conclusion que *les glucosides des séries α et β, hydrolysés, livrent respectivement du glucose à pouvoir rotatoire élevé et du glucose à pouvoir rotatoire faible, ces deux glucoses se transformant progressivement en glucose stable à pouvoir rotatoire* + 52,5.

Nous nous sommes servis du polarimètre de précision Jobin et Yvon à prisme de Lippich et monochromateur Bruhat et les mesures ont été faites à la lumière verte de la lampe à mercure ($\lambda = 5461$); le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D$ du glucose se trouve ainsi multiplié par 1,18 et l'erreur relative sur les lectures est diminuée d'autant. La comparaison des données polarimétriques et des chiffres fournis par les dosages à la liqueur cupro-sodique permet d'apercevoir immédiatement que les poids de glucose (évalués par réduction) qui correspondent à une même variation de la rotation ne restent pas constants au cours de la réaction, ce qui revient à dire que le pouvoir rotatoire du sucre mis en liberté ne cesse de varier.

T = temps en heures; x = poids de glucose pour 100^{cm^3} (obtenu par réduction); α = déviation; $[\alpha]$ = pouvoir rotatoire du glucose.

(¹) BOURQUELOT, *Exposé de ses Travaux*, 2ᵉ Partie, p. 79, Gauthier-Villars, 1917.

La concentration du glucoside, celle du ferment et la température importent peu, puisqu'il ne s'agit pas de mesures de vitesses.

I. *Méthylglucoside* α : 2g,3 pour 100cm³; $l = 3^{dm}$; $t = 18°-21°$.

T.	x.	α.	[α] (pour λ = 5461).
0	0 g	12°,75	
3,5	0,150	12,23	76
8	0,325	11,60	71
21	0,525	10,73	69
40	0,810	9,47	63

II. *Éthylglucoside* α : 2g,5 pour 100cm³; $l = 3^{dm}$; $t = 17°-21°$.

T.	x.	α.	[α] (pour λ = 5461).
0	0 g	13°,32	
3,5	0,188	12,62	81
9	0,440	11,56	72
26	0,775	10,08	66

III. *Méthylglucoside* β : 5g pour 100cm³; $l = 5^{dm}$; $t = 34°-35°$.

T.	x.	α.	[α] (pour λ = 5461).
0	0 g	—9°,50	
72	0,824	—6,36	35
96	1,024	—5,38	39
156	1,344	—3,74	44
252	1,620	—2,24	48
396	1,980	—0,30	51
564	2,300	+1,80	57

IV. *Éthylglucoside* β : 2g,3 pour 100cm³; $l = 5^{dm}$; $t = 19°-22°$.

T.	x.	α.	[α] (pour λ = 5461).
0	0 g	—4°,65	
50	0,200	—3,85	33
122	0,400	—2,90	40
172	0,520	—2,22	46
268	0,675	—1,30	53

Nous avons expérimenté en outre sur la salicine qui se prête particulièrement bien à ces recherches en raison de la rapidité de son dédoublement par l'émulsine. Sans aucun doute, *le glucose de la salicine, comme celui des glucosides artificiels de la série* β, *est à pouvoir rotatoire faible et, sitôt détaché, évolue vers la forme stable*. Dans tous les cas, qu'il s'agisse de la salicine ou des glucosides de synthèse, l'addition de soude permet d'obtenir aussitôt le pouvoir rotatoire limite (+ 62 pour λ = 5641).

V. *Salicine* : 1g,5 pour 100; $l = 5^{dm}$; $t = 17°-20°$.

T.	x.	α.	[α] (pour λ = 5461).
0	0 g	—5°,65	
18	0,124	—4,74	26
70	0,270	—3,50	38
118	0,466	—1,70	49
166	0,500	—1,35	52
260	0,640	—0,10	54

Dans chacune de ces expériences, l'indice de réduction enzymolytique, c'est-à-dire le poids de sucre réducteur correspondant à une variation de rotation de 1°, au tube à 2^{dm}, ne cesse de varier au cours de la réaction. Il ne saurait en être autrement; en effet, l'indice de réduction d'une substance ne peut être considéré comme une constante spécifique que si les propriétés optiques des corps qui prennent naissance lors de l'hydrolyse ne se modifient pas ou, tout au moins, si elles varient très rapidement par rapport à la vitesse d'hydrolyse, de telle sorte que cette transformation parasite n'introduise aucune perturbation dans les mesures.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des catalyseurs sur l'oxydation de l'acide urique. Fer et manganèse (hydrates).* Note de M. **Léon Piaux**, présentée par M. Ch. Moureu.

L'oxydation spontanée de l'acide urique en liqueur alcaline se produit en l'absence de tout catalyseur. Elle est favorisée par un excès de potasse caustique et par l'élévation de la température. Les expériences que j'ai faites à ce sujet ont fait l'objet d'une Note récente (1).

Dans le but de rechercher l'influence sur cette réaction des catalyseurs habituels d'oxydation, j'ai repris les expériences en présence de fer et de manganèse (à l'état d'hydrates), et de cuivre (à l'état métallique).

L'action des catalyseurs peut porter à la fois sur la *vitesse* de l'oxydation et sur la *limite* de cette oxydation. Le dispositif expérimental a été décrit précédemment (*loc. cit.*).

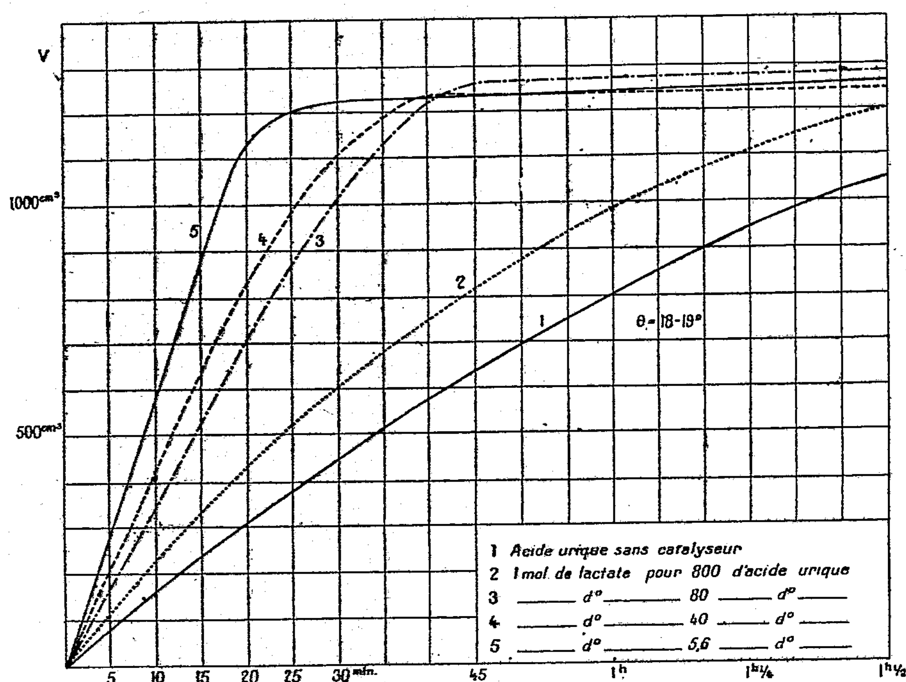
Hydrate de fer. — Au mélange comprenant $0^{mol},09$ d'acide urique *pur*, et $0^{mol},45$ de potasse caustique dans 400^{cm^3} de solution, on ajoute du sulfate ferreux qui donne un précipité vert, puis jaune rouille (hydrate ferrique).

L'absorption d'oxygène présente la même allure qu'en l'absence de catalyseur, avec seulement un accroissement de la vitesse. La limite de l'oxydation est inchangée, et en opérant comme en l'absence de fer, on peut isoler l'oxonate de potassium avec le même rendement de 50 pour 100. Si le rapport du nombre de molécules-grammes d'acide urique au nombre d'atomes-grammes de fer prend les valeurs 870, 108, 27, le rapport du volume absorbé en 30 minutes au volume absorbé sans catalyseur, devient respectivement 132, 140, 142.

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 637.

L'hydrate ferrique accélère l'oxydation de l'acide urique en liqueur alcaline, sans modifier les caractères de cette oxydation. Une quantité très faible de catalyseur suffit à donner un effet important, qui est à peine accru quand on fait passer la quantité d'hydrate ferrique de 1 à 32.

Un échantillon d'acide urique, utilisé au début de mes recherches, m'avait donné — même après purification par l'acide sulfurique — des résultats trop élevés quant à la vitesse d'oxydation sans catalyseur ajouté. J'ai pu vérifier qu'il contenait du fer et que les chiffres donnés par lui concordaient avec ce qui précède.



Influence catalytique de l'hydrate de manganèse (introduit à l'état de lactate).

Hydrate de manganèse. — Le liquide expérimenté est le même que dans les expériences avec hydrate de fer. Le manganèse est introduit sous forme de lactate. Il se forme très rapidement un précipité d'hydrate qui s'oxyde et devient noir brun (hydrate de bioxyde?). L'allure de la courbe d'absorption se modifie considérablement (voir la figure, limitée à 1 heure et demie d'agitation pour en faciliter la lecture). Quand la proportion du catalyseur atteint 1^{mol} pour 5,6 d'acide, le début de cette courbe se réduit à une droite, et après 30 minutes l'absorption d'oxygène est presque entièrement

arrêtée. La *limite* de la quantité d'oxygène utilisée en prolongeant l'expérience est beaucoup plus faible qu'en l'absence d'hydrate de manganèse. Si l'on en retranche le volume d'oxygène correspondant au passage de MnO à MnO^2, le volume restant, utilisé par l'acide, décroît régulièrement quand la proportion de manganèse s'élève.

Parallèlement, la quantité d'oxonate isolé diminue en même temps que la quantité d'oxygène utilisé. On a, pour une température de 18°-19° :

Molécules d'acide pour 1 de lactate.	Volume absorbé en 20 min.	Vitesses relatives pour 20 min.	Volume limite total.	Volume utilisé par l'acide urique (at-gr).	Rendement en oxonate pour 100.
Pas de lactate.......	300	100	1770	1,77	50
800................	430	143	1600	1,6	43
80.................	720	240	1280	1,26	17
40.................	830	276	1245	1,22	13
5,6................	1135	378	1255	1,08	0

Le rendement en oxonate est rapporté à la théorie (1^{mol} pour 1 d'acide urique).

En revanche, les eaux mères de l'oxonate, qui contiennent de l'acide acétique libre, abandonnent peu à peu des cristaux caractéristiques d'*allantoïne*, qui a pu être complètement identifiée.

Je rappelle que l'oxonate dérive de l'acide urique par action de *deux* atomes d'oxygène, et qu'il suffit de *un* atome pour passer de l'acide urique à l'allantoïne, molécule à molécule.

Celle-ci a été obtenue avec les rendements suivants : moins de 1 pour 100 avec 1^{mol} de lactate pour 800 d'acide, 35 et 43 pour 100 avec 1^{mol} de lactate respectivement pour 80^{mol} et 40^{mol} d'acide urique.

Ayant concentré à chaud le liquide acidulé, dans l'expérience avec la quantité la plus grande de catalyseur utilisé, je n'ai obtenu que 30 pour 100 d'allantoïne, chiffre certainement trop faible. Cette expérience répétée à 17° m'a donné 49 pour 100 d'allantoïne.

Espérant que le manganèse maintenu en solution dans le liquide en expérience exercerait une action plus marquée que l'hydrate précipité, j'ai préparé du manganitartrate de potassium en suivant les indications de M. Job [1]. Les résultats ont été très peu différents de ceux obtenus avec la quantité correspondante de manganèse à l'état de lactate. D'ailleurs, la

[1] *Comptes rendus*, t. 144, 1907, p. 1044, et t. 152, 1911, p. 265.

solution, rouge au début, a précipité peu à peu tout le manganèse à l'état d'hydrate de bioxyde.

Rapprochés des expériences relatées précédemment (*loc. cit.*), ces résultats paraissent indiquer que :

1° L'action d'un atome d'oxygène sur l'acide urique donne naissance à un corps intermédiaire signalé déjà par Biltz et Behrend en particulier, corps susceptible de donner de l'allantoïne par action de l'acide acétique;

2° Ce corps intermédiaire n'est pas spontanément oxydable;

3° Il est oxydable en présence d'acide urique en cours d'oxydation, et conduit alors à l'oxonate de potassium;

4° L'hydrate de bioxyde de manganèse accélère la formation du corps intermédiaire, tout en ralentissant son oxydation en oxonate. Une quantité suffisante de l'hydrate peut même empêcher cette deuxième phase de l'oxydation de l'acide urique.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la structure cristalline du corindon et de l'oligiste.* Note de M. **Ch. Mauguin**, présentée par M. Wallerant.

D'après W.-H. et W.-L. Bragg [1], les cristaux de corindon et d'oligiste ont pour maille un rhomboèdre renfermant une seule molécule Al^2O^3 ou Fe^2O^3. Pour rendre compte de la symétrie de ces cristaux, on est conduit à placer les deux atomes de métal sur l'axe ternaire de part et d'autre et à des distances égales du centre de la maille [2]. Quant aux atomes d'oxygène, on peut les supposer soit au milieu des arêtes, ce qui donne une maille holoédrique (Λ_3, $3L_2$, C, 3P), soit sur les axes binaires comme le montre la figure, ce qui conduit à une maille à symétrie réduite (Λ_3, $3L_2$) non superposable à son image.

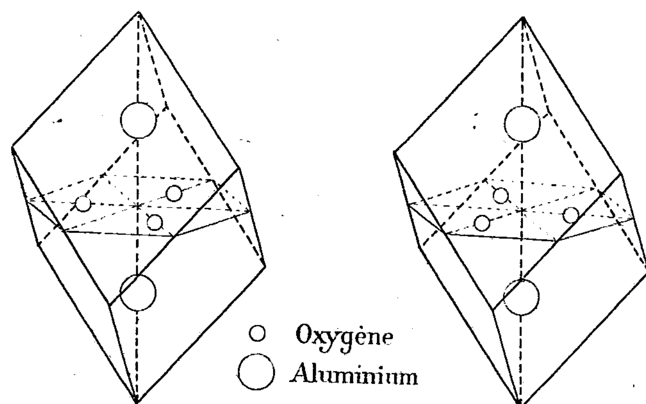
Dans ce dernier cas, pour retrouver la symétrie holoédrique, il faut supposer l'édifice construit à la fois avec des mailles droites et des mailles gauches, 2 mailles adjacentes par une face ou opposées par un sommet étant toujours énantiomorphes. On obtient alors un assemblage où les

(1) *X Rays and Crystal structure*, 3e éd., p. 169.

(2) On pourrait aussi placer les atomes de métal au centre et aux sommets de la maille; mais ce mode d'arrangement exigerait une réflexion du second ordre sur a^1 (111) très intense (accord de phase entre les ondes diffractées par tous les atomes), alors que j'ai pu vérifier que cette réflexion est très faible dans le cas de l'oligiste (Bragg l'avait même donnée comme nulle).

atomes O ne sont plus distribués avec la même périodicité que les atomes Al, une translation qui amène une maille droite sur une maille gauche réalisant la superposition des atomes du métal mais non celle des atomes d'oxygène. Cette particularité est exactement celle que j'ai étudiée chez la calcite [1] et doit entraîner ici les mêmes conséquences concernant la diffraction des rayons X.

Corindon



Si toutes les mailles étaient identiques, la réflexion de premier ordre sur les plans réticulaires (p, q, r) se ferait suivant un angle θ correspondant (par la formule $\frac{1}{2}\lambda = d_{pqr} \sin\theta$) à une équidistance d_{pqr} donnée par la formule générale :

$$d_{pqr} = \frac{d_{100}}{\sqrt{p^2 + q^2 + r^2 + 2(pq + qr + rp)\cos(100,010)}}.$$

Au contraire, la distribution des atomes d'oxygène dans des mailles énantiomorphes permet de prévoir, sur les plans réticulaires ayant pour indices *trois nombres impairs différents*, une réflexion de premier ordre *due à l'action des atomes d'oxygène seuls*, sous un angle θ qui correspond à une *équidistance* $2\,d_{pqr}$ *double* de celle qu'on calcule par la formule précédente.

Voici les résultats que j'ai obtenus avec la radiation K_α du molybdène ($\lambda = 0{,}708 . 10^{-8}$ cm), auxquels j'ai joint les équidistances (marquées d'un astérisque) déduites des données de Bragg. Les valeurs théoriques ont été calculées en admettant pour les mailles les dimensions suivantes :

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1331.

	Densité.	Arête a.	Angle plan α.
Corindon	3,96	$3,50.10^{-8}$cm	85°46′
Oligiste	5,25	$3,69.10^{-8}$cm	85°54′

	Corindon.			Oligiste.		
		d_{pqr}			d_{pqr}	
	θ.	trouvé. 10^{-8}cm ×	calculé. 10^{-8}cm ×	θ.	trouvé. 10^{-8}cm ×	calculé. 10^{-8}cm ×
p (100)	»	3,49*	3,48	»	3,65*	3,68
a^1(111)	»	2,17*	2,16	»	2,30*	2,28
d^1(1$\bar{1}$0)	»	2,37*	2,38	8°,1	2,51	2,52
b^2(210)	12°,7	1,61	1,60	12	1,70	1,69
$b^{\frac{3}{2}}$(320)	20,8	1,00	1,00	19,6	1,05	1,05
e_2(21$\bar{1}$)	14,7	1,39	1,40	13,7	1,49	1,49
(31$\bar{2}$)	23	0,91	0,91	21,5	0,97	0,96
e_3(31$\bar{1}$)	9,8 / 19,6	2,08	1,04	9,2 / 18,6	2,21	1,10
(531)	16,8	1,23	0,62	15,8	1,30	0,65
(51$\bar{3}$)	18,1	1,14	0,57	16,8	1,22	0,61

Les équidistances trouvées pour les plans 31$\bar{1}$, 531, 51$\bar{3}$, ayant pour indices trois nombres impairs différents sont bien doubles de celles qu'on calcule par la formule générale, ce qui confirme l'hypothèse de l'arrangement des atomes suivant deux sortes de mailles énantiomorphes.

GÉOLOGIE. — *Structure et stratigraphie générales de la péninsule du Cap-Bon.* Note (¹) de M. **Allemand-Martin**, transmise par M. Depéret.

J'ai montré (²) que la péninsule du Cap-Bon comprend un anticlinal central éocène (chaîne de l'Abd-er-Rhamane), flanqué de deux anticlinaux sensiblement parallèles : celui de Korbous et l'anticlinal fragmentaire de Kélibia, auquel je rattache quelques lambeaux éocènes visibles le long de la côte et l'arête éocène de l'extrême pointe (Dj-Abiod), à direction infléchie NO. Les anticlinaux Korbous, Abd-er-Rhamane, Kélibia sont séparés par deux synclinaux miocènes : le synclinal de Takelsa au NO, et

(¹) Séance du 18 février 1924.
(²) *Comptes rendus*, t. **149**, 1909, p. 489.

celui de la Dakla ou de Outhan el Kabli à l'E, qui se rejoignent au N en une cuvette périclinale contournant l'Abd-er-Rhamane.

L'anticlinal Abd-er-Rhamane (altitude, 675^{m}) est constitué par un pli éocène de 40^{km} de long, à voûte érodée, laissant voir sur 1^{km} environ à Fortuna le haut, des calcaires à Nummulites de l'Éocène supérieur. Ce pli dissymétrique, avec pendage NO plus prononcé, se termine à ses deux extrémités par ennoyage sous le Miocène. Il est, en outre, longé sur son flanc, d'Oum Douil, jusqu'au delà de Karsouline, par un anticlinal miocène parallèle (altitude, 180^{m}) accessoire, surtout évident à Karsouline et offrant l'aspect d'un pli dissymétrique refoulé vers l'O : son axe se bifurque au N en deux digitations, l'une au N, l'autre vers l'E.

Le pli de grès éocènes de Korbous affleure (côte NO) sur 20^{km} de long, sa retombée SE est seule conservée formant falaise sur la mer. Il est probable, mais non certain, que ce pli se prolonge sous la mer jusqu'aux îles Zembra présentant également une retombée SE de grès éocènes.

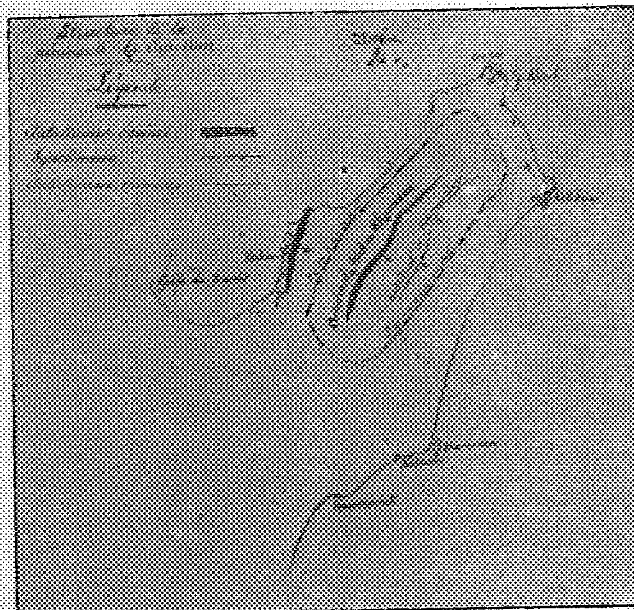
Le pli éocène de Kélibia dévié vers le N apparaît seulement sur 400^{m} de long et me paraît se raccorder à la crête formant le Cap par des grès rouges émergeant à fleur d'eau. Cette crête gréseuse du Cap, à direction SE NO, montre un pendage vers le centre de la péninsule avec ennoyage sous le Miocène.

La série tertiaire que jai observée au Cap-Bon est la suivante :

1° *Éocène et Oligocène.* — Le terrain le plus ancien est un calcaire en plaquettes succédant à un calcaire compact bleu à petites Nummulites (*N. Boucheri et incrassatus*), et *Hétérostégines* de l'Éocène supérieur ou Priabonien. Sous ces calcaires se montrent en quelques points près Korbous, et dans des puits à Fortuna le haut, des marno-calcaires sans fossiles. Sur les calcaires à *Nummulites* repose une puissante série gréseuse, d'aspect variable : ce sont d'abord des grès rouges siliceux durs à grains fins puis plus grossiers, ensuite des grès rouges à gros nodules ferrugineux, anguleux, très durs, presque noirs, analogues à ceux que M. Dareste de la Chavanne a signalés en Algérie (région de Guelma); enfin viennent des grès rouges à grains peu roulés, visibles sur toutes les crêtes. Avec M. Pervinquière j'attribue cette série, dite de grès Numidiens, en partie au Priabonien, en partie à l'Oligocène, sans qu'on puisse préciser en l'absence de fossiles.

2° *Miocène.* — Sur l'Éocène repose *en discordance* le *Burdigalien*, débutant par des grès roses marneux (20^{m}) que surmontent des grès rosés silico-calcaires à *Pecten convexior* (5 à 6^{m}), visibles sur le flanc Est du Korbous et sur les deux flancs de l'Abd-er-Rhamane. On passe ensuite à des grès à *Pecten præscabriusculus* et gros Oursins (très développés au Dj. Amara) affleurant sur les mêmes points et en outre sur le flanc Ouest de l'anticlinal de Kélibia et aux îles Zembra; enfin sur le versant Sud de la crête du Cap où ils offrent une teinte sombre spéciale.

Le Burdigalien se continue par une assise greso-calcaire lie de vin avec lumachelles à Anomies (Zaouiet-Djebali). Enfin l'étage se termine par une puissante série marneuse identique aux marnes cartenniennes d'Algérie.



Carte structurale de la péninsule du Cap-Bon $\frac{1}{1\,500\,000}$ environ.

L'étage *Helvétien* succède en concordance au Burdigalien sous la forme d'argiles marneuses à *Ostrea crassissima* formant notamment une longue bande de 2^{km} de large sur 50^{km} de long, de Bir Drasssene par le Nord d'Oum Douil et au delà de Karsouline.

L'étage Tortonien est formé à la base de grès jaunes ou bariolés surmontés d'une épaisse série marneuse que couronne une couche remplie d'*Ostrea gingensis*; celle ci disparait bientôt sous l'assise à lignites (Bir el Oudiane) et au Nord-Ouest de l'anticlinal de Karsouline. Les marnes se retrouvent une deuxième fois sur la rive gauche de l'oued Oudiane, au contact avec les marnes plaisanciennes, ce qui confirme la disposition anticlinale du pli Miocène à Karsouline.

Pliocène. — Sur les marnes tortoniennes on observe des argiles verdâtres plaisanciennes parfois gypseuses à *Ostrea digitalina*, à *Amussium cristatum* et *Cardium* sp. Par-dessous viennent les sables astiens qui se présentent sous deux facies: 1° près d'Hammamet (oued Faouara, Dj. Reba Aïne), sous forme de sables fins avec fossiles de petite taille à l'exception de grands *Amussium cristatum* (route Hammamet-Nabeul, oued Krelas); 2° vers Nabeul Menzel Temine sous un facies plus grossier avec

gros exemplaires de *Macrochlamys latissimus, Flabellipecten flabelliformis* et *Ostrea lamellosa.*

On observe en outre l'Astien sur la côte sous les dépôts quaternaires monastiriens. (Grottes d'El Mamoura, Sillonville). Sur les sommets les sables ont été protégés par le *Calabrien* (1).

Quaternaire marin. — Je rappelle seulement l'existence de l'étage *Monastirien* à l'altitude 18-20m. Plus haut dépassant 30m des travertins marins à débris de Strombes et même fossiles indéterminés paraissant représenter le Tyrrhénien.

Enfin les dunes consolidées (Panchines) surmontent le Monastirien sous un facies tantôt marin (Kourba, Menzel Temine, Kélibia) ou continental (El Aouaria). Tous ces terrains sont délimités sur la feuille du Cap-Bon au $\frac{1}{200000}$ dont je viens de terminer le levé géologique complet.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur l'existence d'un niveau lacustre à* Limnea longiscata *dans la série Nummulitique du Massif du Haut-Giffre (Haute-Savoie) et sur sa signification.* Note (2) de M. Léon Moret, transmise par M. W. Kilian.

L'anticlinal du torrent du Clévieux, prolongement de l'anticlinal couché de Balme, forme sur la rive droite du Giffre un ample pli-couché urgonien dont le flanc normal est recouvert par des affleurements très étendus de Nummulitique. Ces affleurements peuvent être étudiés entre Samoens et Sougey, mais le contact du Tertiaire et de son substratum n'est visible qu'en ces deux localités.

A Samoens, à partir d'un Sénonien rosé, on observe un conglomérat à galets de craie sur lequel reposent des schistes gris, très fendillés, à patine jaunâtre, l'une et l'autre de ces formations sont caractérisées par une grande richesse en débris de couche prismatique de gros Lamellibranches. Vers le S, la suite de la coupe se voit à Vallon d'en Haut où existent des marnes foncées riches en oogones de *Chara* avec quelques Limnées indéterminables.

Mais on ne voit pas ici la partie supérieure du Nummulitique et pour l'étudier il faut encore aller plus au S, au hameau de Sougey. L'affleurement intéressant se trouve à la sortie amont du village, au bord même de la route de Sixt.

On a là, superposés aux calcaires schistoïdes du Sénonien, un complexe de conglomérats et de *couches grises siliceuses très dures* dans lesquelles le microscope ne montre que des dépouilles d'Ostracodes, alternant avec des

(1) Gignoux, *Les formations tertiaires et quaternaires de la Sicile*, 1916.

(2) Séance du 18 février 1924.

calcschistes à patine jaune et à prismes de Lamellibranches; enfin, sur ce complexe, vient *un ensemble très homogène de schistes et de calcaires noirs remarquables par une abondante faune lacustre*. Notons qu'à la base de cette formation se trouve un banc de conglomérat marin (le ciment contient des Nummulites) à silex crétacés et morceaux de calcaire siliceux à petits Gastropodes et graines de *Chara*. *Les couches lacustres peuvent être datées par l'existence de très nombreuses Limnées*, parmi lesquelles deux espèces sont dominantes : *L. longiscata* Bgt. et *L. pyramidalis* Deshay. Les autres formes sont voisines de *L. fusiformis* Sow., *L. acuminata* Bgt., *L. œqualis;* ces Limnées sont associées à de très petits Planorbes, de quelques millimètres de diamètre, du groupe de *Segmentina chertieri* Deshay sp. (1).

Tous ces fossiles caractérisent le Bartonien s. l. et existent dans l'Éocène lacustre des Diablerets et de la Dent de Morcles, Éocène rendu classique par les travaux de Renevier.

D'ailleurs, à Sougey comme dans ces localités des Alpes suisses, la série se termine par les dépôts franchement marins du Priabonien (schistes et calcaires gréseux noirs à petites Nummulites, calcaires à Orthophragmines) (2). La série du pli du Clévieux est donc assez semblable à celle des Diablerets.

Remarquons que les complexes siliceux subordonnés aux couches à Limnées de Sougey et dont il existe des galets dans les conglomérats situés à la base de ces couches sont, à Arâche, *intercalés* entre les calcaires à grandes Nummulites, Assilines, Alvéolines à la base et les calcaires et schistes à petites Nummulites et Orthophragmines priaboniens au sommet.

On peut donc conclure de tous ces faits que la coupe d'Arâche montrerait un épisode marin lutétien séparé de l'autre épisode également marin du Priabonien par des complexes lacustres et saumâtres d'âge Auversien. Et si l'on redoute ce terme d'Auversien (d'ailleurs actuellement très discuté dans sa localité originaire même du Bassin de Paris) cette coupe mettrait

---

(1) Les déterminations si délicates de ces fossiles d'eau douce ont été faites au Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Lyon sous les yeux de M. le Professeur Depéret et avec l'aide bienveillante de M. Roman. Je les en remercie vivement. La plupart de ces formes sont figurées dans l'Ouvrage fondamental de Maillard et Locard [*Monographie des mollusques tertiaires terrestres et fluviatiles de la Suisse* (*Mém. Soc. Pal. Suisse*, t. 18-19, 1892, p. 93)].

(2) Aux Diablerets, les couches à *Limnea longiscata* sont subordonnées aux couches à *Cerithium Diaboli*, extrême base du Priabonien, ce qui a fait admettre à Boussac un âge Auversien ou même Lutétien pour ces niveaux lacustres.

en évidence la succession : Lutétien, Bartonien (dans son ancien sens), Ludien.

Nous sommes donc inévitablement amenés à introduire ici une *notion nouvelle*, celle d'une *transgression lutétienne beaucoup plus développée que ne l'avait pensé Boussac*, ce géologue lui avait en effet assigné, dans nos régions, une limite ne dépassant pas, vers l'Ouest, l'arc formé par les massifs cristallins de Belledonne et du mont Blanc.

Les dépôts marins jalonnant l'avancée extrême de cette mer lutétienne seraient donc représentés, dans la zone du massif de Platé, par les puissants conglomérats de base du Nummulitique et par les calcaires déjà cités d'Arâche ainsi que par les couches si caractéristiques à débris de prismes de Lamellibranches qui en sont l'équivalent latéral près de Serveray et dans la vallée du Giffre; à Bostan, par les calcaires à grandes Nummulites subordonnés aux calcaires à petites Nummulites signalés par Maillard (¹); enfin, par les gisements de l'ex-golfe auversien des Bauges étudiés par Boussac et ceux du Roc-de-Chère, au bord du lac d'Annecy, où le Lutétien est, cette fois, entièrement lacustre (couches à *Bulimus subcylindricus* et *Limnea Michelini*) et transgressé par le Bartonien-Ludien marin (Priabonien).

Après cette incursion, la mer s'est retirée lentement, d'où, installation d'un régime lagunaire puis lacustre, bien visible à Arâche, Sougey, à la Dent de Morcles et aux Diablerets : c'est l'époque du Bartonien s.l. L'érosion a pu commencer son œuvre, ce qui explique sans doute la rareté des affleurements marins lutétiens.

Enfin, cette oscillation négative a été suivie d'un retour offensif de la mer au Ludien (= Priabonien de Boussac) et cette nouvelle transgression qui n'a que peu dépassé la précédente vers le NW a déposé dans notre région des calcaires à petits Nummulites et Orthophragmines, des schistes à globigérines, des grès de Taveyannaz où l'on a récemment découvert des Orthophragmines (²).

A l'intérieur de la zone de bordure étudiée, il n'est pas possible de saisir les divisions établies. Ainsi, dans les Bauges, l'oscillation négative ne s'est pas fait sentir, la série marine est continue et représente par conséquent un ensemble Lutétien-Ludien incontestable où il est difficile de faire des coupures, tout au moins en ce qui concerne le paquet de terrains situés au-dessus des couches à grandes Nummulites lutétiennes!

(¹) Cette indication avait été négligée par Boussac, je me propose d'aller la vérifier prochainement sur place.

(²) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 404.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la dessiccation des sols agricoles à l'air libre.* Note de M. A. LEBEDIANTZEFF, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

La simple dessiccation du sol à l'air, de même que sa stérilisation partielle par la chaleur et les antiseptiques, provoque-t-elle un accroissement de fertilité?

1. A la station agronomique de Chatilovskaia (Russie, gouv. Toula), nous avons expérimenté, de 1915 à 1918, sur 81 échantillons de *terres noires* (tchernozem), à des états de culture différents. Chaque échantillon a été divisé en deux parties, l'une séchée en couche mince au soleil, l'autre conservée en tas et recouverte d'une bâche. Après un ou deux jours, les deux parties, amenées au même degré d'humidité avec de l'eau distillée, étaient mises en pots et ensemencées de millet.

I. — *Augmentations moyennes des rendements en poids obtenues avec les échantillons soumis à la dessiccation, pour* 100 *de récoltes obtenues avec les sols non séchés, et nombre des cas observés.*

		Groupement des augmentations :						
		au-dessous de 0.	de 0 à 20.	de 21 à 40.	de 41 à 60.	de 61 à 80.	de 81 à 100.	au-dessus de 100.
Augmentations moyennes.	Poids total.	— 2	10	30	49	72	88	148
	Grain.....	—10	12	30	49	67	91	144
	Poids total.				44		127	
	Grain.....				45		123	
Moyenne générale des augmentations pour tous les cas.	Poids total.				45			
	Grain.....				41			
Nombre des cas observés.	Poids total.	4	19	21	20	6	4	7
	Grain.....	9	17	22	14	9	4	6

2. En 1917, on a opéré avec d'autres plantes que le millet sur un échantillon de tchernozem traité comme précédemment.

II.

Plantes cultivées.	Graminées fourragères. *Festuca pratensis.*	*Bromus inermis.*	Légumineuses. *Trifolium resupinatum.*	Trèfle rouge.	Vesce.	Lentille.	Luzerne.
A......	568	291	138	137	135	134	131
B......	329		35				

	Céréales.				Plantes sarclées.			
	Maïs.	Avoine.	Blé d'été.	Millet.	Tournesol.	Betterave.	Carotte.	Pomme de terre.
A.....	137	130	130	117	116	112	111	108
B.....	28				12			

A. Rendements d'un sol soumis à la dessiccation pour 100 de récoltes fournies par les témoins. — B. Augmentations des rendements.

La dessiccation a agi le plus fortement sur les plantes des terrains humides (prairies) et le plus faiblement sur celles des terres desséchées artificiellement par les labours et sarclages.

3. Les divers états de culture du sol ont une grande influence sur la façon dont agit la dessiccation.

III. — *Rendements moyens d'échantillons de sols soumis à la dessiccation, pour* 100 *de récoltes fournies par les témoins.*

Terres jamais amendées.	Poids total.	Grain.
Friche naturelle de 18 ans	241	229
Culture triennale de légumineuses	161	148
Culture annuelle de céréales	138	133
Assolement triennal avec jachère nue	122	117
Terres régulièrement amendées (¹).	**Poids total.**	**Grain.**
Fumier de ferme (40ᵗ à l'hectare tous les 6 ans)	145	141
Phosphorite (135^{kg} P^2O^5 à l'hectare tous les 3 ans)	143	143
Superphosphate (45^{kg} P^2O^5 à l'hectare tous les 3 ans)	128	131
Non amendée	122	117

L'effet de la dessiccation a été particulièrement marqué sur les terrains laissés en friche et ensuite sur ceux affectés depuis plusieurs années à la culture des herbacées. Les sols soumis à une culture mécanique régulière ont été moins sensibles à la dessiccation; l'emploi des engrais les a rendus plus aptes à en éprouver les effets.

4. L'effet de la dessiccation, pour un même sol, varie avec la profondeur.

IV. — *Rendements moyens* (*poids total*) *d'échantillons de sols soumis à la dessiccation, pour* 100 *de récoltes fournies par les sols témoins.*

Couche du sol (en cm)	De 0 à 20.	De 20 à 40.	De 40 à 60.	De 60 à 80.
Assolement triennal	141	288	259	140
Jachère nue quadriennale	176	314	273	96
Friche de 18 ans	283	374	374	282

(¹) Assolement triennal avec jachère nue.

Ce sont les deux couches intermédiaires qui ont le plus réagi. La couche supérieure, exposée à une dessiccation naturelle, de même que la couche inférieure, qui ne contient presque pas d'humus, ont réagi plus faiblement.

5. L'accroissement de la fertilité du sol par sa dessiccation a varié avec le degré de dessiccation et le nombre de séchages, séchages successifs séparés par des humectations à l'eau distillée (1917-1918, culture de millet, poids total).

V.

Humidité.	Sol non séché.	Sol séché jusqu'à				
Eau pour 100 de sol sec...	35.	25.	15.	10.	6.	3.
Assolement triennal......	100	81	94	96	131	135
Jachère non quadriennale..	100	75	78	91	136	144
Friche de 18 ans........	100	83	111	»	217	248

VI.

Nombre de séchages.	Sol non séché.	Sol séché 1 fois.	2 fois.	3 fois.	4 fois.
Assolement triennal non fumé.	100	145	137	154	156
Assolement triennal fumé.....	100	110	169	181	144
Friche de 18 ans............	100	183	212	222	219

L'augmentation de rendement s'est produite quand l'humidité du sol est descendue à 6 pour 100 pour les terres labourées et à 14 pour 100 pour la friche. La répétition des séchages a accru aussi le rendement, avec maximum d'effet au bout de trois dessiccations.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *La Bioradioactivité existe-t-elle ?* Note de M. **Paul Becquerel**, présentée par M. L. Maquenne.

Dans une Note récente (¹) M. Albert Nodon a annoncé qu'à la suite de nombreuses recherches sur la radioactivité cellulaire il a découvert « que les organismes vivants, végétaux et animaux, sont le siège d'une radioactivité qui paraît être fonction du degré de vitalité de ces organismes » car après leur mort elle ne se manifeste plus. « Cette radioactivité dépasse parfois celle du radium utilisé dans ces recherches » qui se trouvait sous forme d'un échantillon de sulfate de baryum-radium dont l'activité était égale

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 486.

à 15 fois celle de l'uranium ; cette bioradioactivité « était plus grande au soleil que dans une pièce close ».

Or le même fait, à l'insu de M. Nodon, a déjà été publié ici-même par M. Tommasina (1). En effet ce savant dit avoir constaté par des observations électroscopiques « la faible radioactivité que possèdent tous les végétaux fraîchement cueillis; tels que les herbes, les fruits, les feuilles, les fleurs, alors que les mêmes végétaux desséchés n'en présentent plus que des traces minimes ou rien ». Les animaux expérimentés, qui ont été des oiseaux, ont donné les mêmes résultats; « il ne semble plus y avoir de doute possible sur la généralité du phénomène » que cet auteur a appelé *bioradioactivité*. Il a aussi remarqué, comme M. Nodon, que la lumière solaire accentuait le phénomène, mais il a vu qu'il s'agissait d'une influence particulière de l'ultraviolet solaire contre lequel il fallait prendre des précautions.

Dès que nous avons eu connaissance de cette découverte de la bioradioactivité, désirant connaître sa valeur exacte chez les végétaux, particulièrement chez les graines en germination ou à l'état de vie latente, afin de savoir s'il n'y avait pas là un moyen beaucoup plus sensible que celui de l'analyse des échanges gazeux pour déceler la présence de la vie, nous avons été amenés à répéter les expériences de M. Tommasina.

Les résultats que nous avons obtenus, dont n'a pas eu connaissance M. Albert Nodon, ont cependant été publiés ici-même (2) où nous constations « qu'il nous a été impossible de déceler la moindre radioactivité de la part des graines, des germinations, des mousses, des tiges feuillées, lorsqu'on prenait toutes les précautions minutieuses contre la transpiration en plaçant à côté de l'objet en expérience un morceau de baryte anhydre ». La bioradioactivité signalée ne serait qu'une illusion due à une erreur d'expérimentation.

Cette conclusion, Henri Becquerel, qui avait suivi avec un vif intérêt mes expériences, l'avait admise. Mais bientôt après de nombreux observateurs tels que Camille Acqua, Thomas, Lancien, Salles, en se servant des méthodes les plus sensibles du Laboratoire de Pierre Curie, n'en persistèrent pas moins à en poursuivre l'étude. Ils retrouvèrent tous nos mêmes résultats négatifs (3).

---

(1) *Comptes rendus*, t. 139, 1904, p. 730.

(2) *Comptes rendus*, t. 140, 1905, p. 54.

(3) THOMAS et LANCIEN, *Recherches sur l'ionisation biologique* (*C. R. Société de Biologie*, juillet 1909).

Enfin M. Daniel Berthelot, ainsi qu'il vient de l'annoncer à l'Académie des Sciences à la suite de la Communication de M. Nodon, avait entrepris de 1909 à 1910 les mêmes recherches. Pour lui aussi la bioradioactivité végétale et animale n'était causée, comme nous l'avions indiqué le premier quatre ans auparavant, que par «de simples apparences dues à l'humidité».

Dans ces conditions comme nos appareils sont susceptibles de déterminer une radioactivité inférieure au $\frac{1}{300}$ de celle de l'oxyde d'urane, lorsque nous nous mettons à l'abri de toute cause d'erreur, il est toute évidence que la bioradioactivité, constatée d'abord par M. Tommasina, ensuite par M. Nodon, qui était parfois de 4000 à 5000 fois plus forte, n'aurait pas échappé à l'exactitude de nos mesures.

Maintenant, tous nos résultats négatifs tranchent-ils définitivement l'importante question de la radioactivité végétale et animale? Nous ne l'affirmerions pas. Bien au contraire nous estimons qu'une très faible radioactivité des végétaux et des animaux au-dessous de la sensibilité de nos appareils doit probablement exister, car il ne faut pas oublier que dans les protoplasmes des végétaux et des animaux il y a un élément chimique biogénétique, c'est-à-dire absolument indispensable à la vie, qui est légèrement radioactif. C'est le potassium dont l'activité serait mille fois moindre que celle de l'urane. Les cendres de la matière vivante végétale en contiennent aux environs de 20 pour 100, ce qui est assez considérable.

C'est seulement lorsque nous saurons mesurer cette très faible radioactivité normale des organismes pendant leur vie et immédiatement après leur mort, leur poids restant constant, que par comparaison nous pourrons décider s'il existe réellement une bioradioactivité.

ZOOLOGIE. — *Horizons de la zone intercotidale dans la petite Syrte.* Note (¹) de M. L.-G. SEURAT, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Les côtes méridionales de la Tunisie, généralement peu élevées, souvent occupées par des sebkhra, limitent des plages à déclivité très faible sur lesquelles les marées sont très sensibles : celles-ci atteignent leur maximum dans le fond du golfe de Gabès, où la montée en vive eau atteint $2^{m},35$.

(¹) Séance du 11 février 1924.

La zone intercotidale de la petite Syrte comprend essentiellement trois horizons :

Horizon supérieur (caractérisé par le *Tylos armadillo* Latreille) représenté le plus souvent par du sable ou du gravier sur lesquels sont amassés de forts cordons de Posidonies, hauts parfois de près de 1^{m} (Zarzis, Bou Grara, îlots du Bahiret-el-Biban) ou de Cymodocées (îles Kerkennah), cordons baignés à leur base et éclaboussés par les vagues à marée haute de vive eau ; parfois, ainsi qu'on l'observe à l'îlot Cattaya-el-Baharia, ce niveau est représenté par un trottoir rocheux couvert par la petite Balane *Chthamalus stellatus* Ranzani, sur lequel on observe *Littorina neritoides* L. (*cœrulescens*), *Trochocochlea turbiformis* v. Salis et *Ligia italica* Fabr. ; dans ce même îlot, ce trottoir est coupé de place en place par des plages de sable fin habité par le *Talitrus saltator* Mont. et par les larves d'un Tabanide, l'*Ochrops seurati* Surcouf ; sur la plage extérieure de Chercheria, un des ilots qui ferment l'entrée du Bahiret-el-Biban, ce niveau supérieur est représenté par le même sable fin habité par des Talitres et bordé en retrait d'un faible cordon de Posidonies.

Horizon moyen (caractérisé par le *Sphæroma serratum* Fabr. et le *Mytilus minimus* Poli) immergé entièrement aux marées hautes de vive eau, partiellement découvert aux marées hautes de morte-eau ; la limite inférieure de cet horizon marque celle des marées basses de morte-eau.

Ce niveau, d'un prodigieux intérêt au point de vue des associations animales qu'on y observe, est représenté en beaucoup de localités de la Syrte mineure. Adjim (île Djerba), Maharès, El Ataya et Ouled Yanek (îles Kerkennah), Bou Grara, îlot de la crique de Gourine, par une plage de sable vaseux durci, à très faible déclivité, sable recouvert d'une croûte épaisse d'environ 1^{mm} formée d'une stratification de diverses Schizophycées : *Microcoleus chthonophastes* Thuret, *M. tenerrimus* Gomont et *Lyngbia æstuarii* Liebn. à Adjim, *M. chthnophastes* et *Lyngbia æstuarii* à Bou Grara, *M. chthonoplastes* à Ouled Yanek et à l'îlot Gourine. Sur cette croûte, fortement échauffée par des rayons solaires durant plusieurs heures, végètent quelques rares touffes de *Salicornia fruticosa* L.; on y voit courir des Cicindèles, des Diptères, *Musca humilis* Wied., *Lispa candicans* Kowarz, *Thinophilus flavipalpis* Zett., *Geranomyia bezzii* Alexander et Leonard (au printemps) et des Machilis.

A Adjim cette plage est séparée de l'étroite banquette rocheuse par une bande de sable vaseux sur lequel le *Pirenella conica* Blainv. trace des sillons. Le sable vaseux à croûte d'Oscillariées est entaillé de chenaux qui parfois en séparent des îlots ; dans l'eau surchauffée à marée basse de ces chenaux on observe le *Sphæroma serratum* en grande abondance, *Mytilus minimus* Poli, *Cardium edule* L. var. *Lamarcki*, des Mysis, *Paguristes oculatus* Fabr. et une Algue verte, l'*Acetabularia mediterranea* Lamour., fixée sur des cailloux, des coquilles vides de Cardium parfois sur des feuilles mortes de Posidonies ; la petite Pintadine, *Meleagrina occa* Reeve s'y rencontre

exceptionnellement, à l'état d'individus isolés et rabougris. D'autre part, la plage montre, par places, des flaques peu profondes occupées par le *Pirenella conica* et des Entéromorphes; cet accident est particulièrement développé dans le petit îlot de la crique de Gourine où, dans une flaque entourée d'une végétation de *Salicornia fruticosa* et de *Statice delicatula* Gir., j'ai observé, en avril, le *Pirenella conica* associé à une Corise, *Corixa vermiculata* Puton.

Ce même horizon est présenté à l'îlot Cattaya Gueblia, à El Ataya et sur le versant extérieur du Slob-ech-Chergui (Biban) par un calcaire jaunâtre, tendre, poreux, fossilifère, à *Cardium edule* var. *altior*, *Tapes decussatus* L. et *Cerithium vulgatum* Brug. v. *intermedia*, montrant dans ses anfractuosités et ses cavités des associations assez riches : *Sphæroma serratum*, *Lasœa rubra* Mtg., *Truncatella truncatula* Drp., *Ovatella firmini* Payr. en abondance prodigieuse, *Alexia bidentata* Mtg., *Littorina nervillei* Dautz., *Pontodrilus littoralis* Grube, *Hydroschendyla submarina* Grube, *Perinereis cultrifera* Grube, *Allorchestes plumicornis* Heller, *Blennius pavo* Risso, etc.

A El Ataya, ces deux faciès de sable vaseux couvert d'une croûte de Schizophycées et de calcaires tendres poreux sont contigus et situés entre une bande de sable vaseux ferme, azoïque, en retrait du cordon de Cymodocées et la plage de vase molle à *Cardium edule*, en sorte que leur parallélisme apparaît immédiatement.

Au delà d'Adjim, sur la côte de Djerba, on observe un troisième faciès sous l'aspect d'une large chaussée rocheuse dont les fissures sont jalonnées par les colonies de *Mytilus minimus* et de *Sphæroma serratum*; la même chaussée est réalisée sur le versant extérieur de l'îlot Cattaya-el-Baharia, où l'on trouve en outre le *Patella cœrulea* L.

Horizon inférieur découvert aux marées basses de vive eau, représenté en beaucoup de points de la petite Syrte, Maharès, El Ataya, Ouled Yanek, estuaire sinueux des oued Oum-ez-Zessar et ez-Zeuss creuse dans la sebkhra de Chaaba, Adjim, Bou Grara, par une vase sableuse plus ou moins molle, couverte d'une rare végétation de *Cymodocea nodosa* (Ucria) Asch.

La faune, très pauvre, est essentiellement caractérisée par *Perinereis cultrifera*, *Terebella lapidaria* Köhler, *Aricia foetidia* Clap., des Clymene, *Cardium edule* var. *paludosa*, *Tapes decussatus* L. *Natica josephinia* Risso dont les curieuses pontes en forme de lanière enroulée en tronc de cône jonchent le sol au printemps, *Nassa mutabilis* L., *Conus mediterraneus* Brug., *Pisania maculosa* Gmel., *Cerithium hormidulum* Monts., *Murex trunculus* L., ce dernier le plus souvent surpris à manger des Cérithes, *Euthria cornea* L., *Gibbula umbilicaris* L., *Callianassa subterranea* Montagu, *Diogenes pugilator* Roux, *Paguristes oculatus* Fabr. Au voisinage de l'embouchure de la rivière artésienne d'Adjim la vase est recouverte d'une multitude d'individus de *Cyclonassa neritea* L. et d'*Amycla corniculum* Olivi; sur les berges du chenal creusé par la rivière sur la plage, ces coquilles font place au *Pirenella conica*.

La plage de vase molle de l'estuaire de Chaaba, à végétation très maigre

de Cymodocées, et surtout habitée par *Conus mediterraneus Natica josephinia*, *Tapes decussatus* et *Solen marginatus* Pennant var. *minor* Plry ; celle de Bou Grara, où la végétation est plus dense, est fréquentée en avril par des civelles ou Anguilles de montée.

La plage orientale de la crique de Gourine permet d'observer, sur la vase à *Natica josephinia*, *Nassa mutabilis*, *Conus mediterraneus* et *Tapes elongatus* B. D. D. des cailloux avec la faune de l'horizon moyen : *Ostrea tarentina* Issel, *Mytilus minimus*, *Balanus spongicola* Brown.

PHYSIOLOGIE. — *Action de quelques agents physiques et chimiques sur la mobilité de l'infusoire cilié.* Note de MM. **E.** et **H. Biancani**, présentée par M. Charles Richet.

I. Action des rayons ultraviolets :

A. Nous avons poursuivi, sur *Paramecium caudatum*, l'étude des variations de l'activité ciliaire.

Nous avons fait usage d'un faisceau de rayons ultraviolets complexe, mais toujours le même, dont nous avons fait varier l'intensité en augmentant ou diminuant la distance entre la source radiante et les organismes irradiés.

La quantité d'énergie radiante $\frac{1}{r^2}st$, que nous appellerons I_R étant représentée, pour $s = 1$, $r = 1$, $t = 1$, par la quantité 100, — le diaphragme utilisé ayant 5^{mm} de diamètre, voici les résultats que nous avons obtenus :

a. Irradiations faibles (I_R de 1 à 10). — La mobilité de l'infusoire décroît progressivement; les mouvements se ralentissent; on assiste en certains points à un rapprochement des infusoires qui s'agglomèrent, s'agglutinent; certains individus s'immobilisent même passagèrement. Après un temps variable, les mouvements réapparaissent, l'activité locomotrice redevient normale.

b. Irradiations fortes (I_R de 50 à 100). — Toute mobilité cesse pour ne plus réapparaître. Cette immobilité est suivie, le plus souvent, et à brève distance, par la désagrégation du protoplasme cellulaire.

B. Nous avons recherché s'il existait une relation numérique entre le temps nécessaire pour obtenir la cessation du mouvement et l'intensité de l'énergie radiante. Nos expériences, effectuées avec quatre cultures différentes d'infusoires, nous ont donné les résultats suivants :

Première expérience.

Intensité radiante.	Temps (¹) (en secondes).
8	900
10	600
15	300
25	225
45	125
100	55

Deuxième expérience.

Intensité radiante.	Temps (en secondes).
8	900
10	540
15	300
25	225
45	125
100	120

Troisième expérience.

Intensité radiante.	Temps (en secondes).
10	630
15	390
25	240
45	180
100	150

Quatrième expérience.

Intensité radiante.	Temps (en secondes).
10	570
15	360
25	240
45	160
100	120

La valeur des chiffres diffère, mais l'allure des quatre courbes est la même. Ces courbes sont à allure hyperbolique assez régulière pour que la courbe des inverses soit sensiblement une droite.

Allant plus loin, nous pouvons envisager la notion de vitesse, rapport entre la grandeur de la réaction (donnée par le passage de l'activité locomotrice normale à l'immobilité) et le temps nécessaire à sa production, et nous pouvons étudier les variations de cette vitesse en fonction des variations d'intensité. A ce point de vue, les expériences ci-dessus montrent que la vitesse est à peu près inversement proportionnelle à l'intensité.

II. Action des solutions salines hypertoniques. — Nous avons constaté, avec un certain nombre de sels (choisis parmi les sels alcalins et alcalino-terreux), que leurs solutions agissent sur l'activité locomotrice de l'infusoire suivant leur concentration moléculaire.

a. Variations de concentration d'un même sel, soit le NaCl :

Concentrations moléculaires.	Temps nécessaire à l'immobilisation.
0,32	330″
0,34	180
0,38	110
0,42	70
0,46	55

(¹) Temps nécessaire à l'immobilisation.

b. Solutions de sels différents d'égale concentration moléculaire :

	Concentrations moléculaires.	Temps.
NaCl	0,38	118″
KCl	0,38	120
CH^3COONa	0,38	123
$BaCl^2$	0,38	120

c. Mélange, à proportions égales, de deux sels à même concentration :

	Concentrations moléculaires.	Temps.
NaCl + $BaCl^2$	0,38	122″

On voit que ces chiffres sont sensiblement égaux.

En prenant comme variable la concentration moléculaire, on trouve ici encore, pour les temps, une réaction hyperbolique, comme dans le cas des ultraviolets.

III. Action de quelques autres substances. — Étudiant l'action de quelques autres substances — urée, ammoniaque, iode — sur l'activité locomotrice de l'infusoire cilié, nous avons retrouvé des relations du même ordre que précédemment entre les doses de substances et les temps nécessaires à obtenir l'immobilisation.

1° Urée.		2° Ammoniaque.		3° Iode.	
Concentrations moléculaires.	Temps (secondes).	Doses pour 1000.	Temps (secondes).	Doses pour 1000.	Temps (secondes).
0,30	600	0,025	600	0,010	600
0,33	210	0,028	240	0,011	180
0,35	160	0,032	105	0,012	118
0,41	75	0,036	75	0,014	80
0,52	40	0,040	50	0,016	60
		0,050	42	0,018	53

On voit que la relation entre les doses et les temps peut, dans tous ces cas encore, être figurée par une courbe à allure hyperbolique.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Coagulation et structure de l'œuf.*
Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

La chute de tension superficielle du milieu colloïdal, donnée précédemment comme *la cause de la coagulation* (1), intervient aussi dans les opérations de l'*œuf*, sa nutrition, son évolution, et même dans le déterminisme du sexe.

1° *L'eau dans l'œuf d'oiseau.* — Soumettons d'abord les œufs à la dessiccation, blancs et jaunes séparés, sous cloche fermée et en présence de SO^4H^2 concentré. On a, au bout de 64 jours, un poids invariable :

Poids moyen :	Avant.	Après.
D'un blanc ou *vitellus*	15g,50	8g,10
D'un jaune ou *ovalbumine* ...	28g,50	4g,00
Ensemble	44g,00	12g,10

La proportion d'eau est donc de : $44 - 12,10 = 31^g,90$, soit de 72,50 pour 100, ou 86 pour 100 pour l'ovalbumine et 48 pour 100 pour le vitellus.

En suivant la *marche de la déshydratation* sur un tube gradué, par comparaison avec un tube rempli d'eau distillée, j'observe que, toutes choses égales, *l'ovalbumine se déshydrate d'abord plus vite que l'eau pure.* Il semble que, dans la substance de l'œuf, l'eau soit en partie *libre* et sans grande cohésion, et en partie *liée* aux particules d'albumine. C'est probablement l'eau adhérente qui assure le travail profond de la matière et la nutrition ; elle constitue une phase dynamique.

2° *État physique de l'œuf.* — A l'état sec, et n'ayant subi aucune altération, l'ovalbumine est en lamelles jaunes et transparentes où, à la loupe, on décèle des *éléments spiraloïdes* enrobés dans une matiére homogène de moindre densité.

Cette structure rappelle les couches concentriques du grain d'amidon. Les spirales sont *l'albumine insoluble*, dense, presque opaque, élastique, le reste étant *l'albumine soluble*, de réfringence très voisine.

---

(1) *Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 522. Il faut ici rectifier trois erreurs typographiques :

	Au lieu de :	Lire :
	g.	g.
Page 523.	12,50	112,50
» 524.	114,50	14,50
» 524.	29	27

On peut, sur un blanc frais, les séparer l'une de l'autre par décantation lente, et reconnaître que la première est plus hydratée que la seconde. La coagulation est plus rapide là qu'ici, et l'on croirait qu'elle procède par resserrement graduel des spires. En tout cas, la structure spiraloïde mérite de figurer parmi celles que Bütschli, entre autres micrographes, a bien étudiées.

Quant au vitellus, la dessiccation en fait une masse résistante, semblable à la cire jaune et d'*aspect granuloïde*. La tension superficielle de ce vitellus est *les deux tiers* de celle de l'ovalbumine et explique la forme sphérique des éléments composants.

De fines pellicules blanchâtres recouvrent le jaune, et s'en détachent brusquement quand on le ramène à l'air humide. Cette desquamation résulte d'une action inégale de l'humidité sur le vitellus et sur sa frêle enveloppe.

3° *Les coagulants de l'œuf : a. Action des sels.* — Des tubes contenant chacun 10g d'ovalbumine reçoivent 0g,50 de chlorures, carbonates, sulfates, phosphates. La série des chlorures montre que la matière reste liquide, ne coagule pas en présence de NaCl, même après 27 jours; léger voile avec KCl et $MgCl^2$, flocons et trabécules de plus en plus gros avec $CaCl^2$, $BaCl^2$ et $ZnCl^2$, ce dernier sel coagulant l'albumine en une sorte de cire. On fait les mêmes remarques sur les séries des carbonates et phosphates, sels d'ailleurs présents dans l'œuf, et il est à noter que le *phosphate de soude s'oppose à la coagulation.* D'où un état de semi-fluidité.

Le vitellus conduit aux mêmes conclusions.

b. Action de l'eau. — L'ovalbumine sèche réabsorbe de l'eau et se gélatinise; *le phénomène est donc réversible*, tandis que toute altération de la structure, due à la chaleur ou à l'alcool, le rend *irréversible*.

Dans un excès d'eau, l'ovalbumine se disloque en petites membranes et filaments blanchâtres, ayant l'apparence de la laine. Cet aspect fibro-membraneux est dû à la dialyse des sels entraînant la perte de l'état colloïdal. Alors la tension superficielle si élevée de l'eau étend, développe en surfaces minces le colloïde. Les fragments, recueillis sur un filtre, se redissolvent dans une solution de CO^3Na^2.

Il y a donc un *équilibre osmotique qui accompagne l'état d'albumine*, et probablement celui de toute matière vivante, du protoplasma. Dans *l'œuf couvé*, nous trouvons 18 pour 100 d'eau en moins par comparaison avec l'œuf frais, comme si le « développement » s'opérait par voie de coagulation.

En déshydratant fortement les ovules, on a même vu se réaliser uniquement le *sexe femelle* (Mlle King); la surabondance d'albumine, ou d'eau,

favorise le sexe mâle (Lienhard). D'où la conclusion que les échanges osmotiques plus ou moins actifs modifient l'intensité de la nutrition et déterminent le sexe.

c. Action de la chaleur. — La coagulation thermique enlève 25 pour 100 d'eau au blanc, 20 pour 100 au jaune; *sa durée dépend exactement du degré d'hydratation*, et ses effets sont irréversibles. On l'accélère en abaissant la tension superficielle du milieu par addition de sels, alcools, huiles et autres coagulants déjà indiqués (1). Et la vitesse de cette coagulation suit l'abaissement de la tension, dont nous donnerons quelques valeurs pour compléter nos précédentes recherches.

Ainsi, pour l'eau à 15°,5, A = 73 mg/cm.

Les solutions salines à $\frac{1}{150}$ qui suivent donnent :

	PO^4Na^3.	CO^3Na^2.	PO^4K^3.	$(PO^4)^2Ca^3$.	CO^3K^2.	SO^4Ca.
A (mg/cm)....	73	72	71	70	70	66

Le chiffre concernant le phosphate de calcium est incertain, à raison de la très faible solubilité de ce sel.

Dans l'incubation de l'œuf, la chaleur est évidemment le facteur coagulant, et elle agit de façon irréversible.

Conclusions. — *Groupons maintenant les faits. Ils montrent que les abaisseurs de tension superficielle, sels, alcools, graisses, chaleur, provoquent la coagulation de l'œuf en le déshydratant. Ils modifient par là l'intensité des échanges osmotiques et nutritifs, qui, dans la graine par exemple, sont tellement affaiblis que l'on a une* vie latente. *Ici l'eau est rare, et l'on sait que la* maturation de l'œuf *entraîne une perte d'eau analogue, autant chez les plantes que chez les animaux. La* germination *cesse pour une dessiccation avancée, l'évolution embryonnaire est influencée quant au sexe, tandis que la vitalité et la nutrition redeviennent actives à mesure que les agents coagulants s'éloignent. On est donc porté à dire que* la vie est une opération plus ou moins lente de coagulation protoplasmique, *débutant dans l'œuf, nettement accusée au cours de la vieillesse, sans qu'il y ait certitude absolue sur le caractère* fatal *de cette marche irréversible. Rien n'atteste, non plus, que ce phénomène physico chimique ne puisse pas être retardé par des agents coagulants, antagonistes des abaisseurs de la tension superficielle.*

(1) Le détail de ces expériences sera donné dans un autre Recueil.

PHYSIOLOGIE. — *Recherches sur la nature, la constitution et le mode d'action des diastases tissulaires d'origine animale. Interprétation des résultats de l'analyse chimique et électrique.* Note [1] de **F. Maignon**, présentée par M. E. Leclainche.

Dans une précédente Note, nous avons montré les analogies existantes entre les diastases tissulaires d'organes animaux et les diastases du suc pancréatique, les premières perdant leur activité thérapeutique, et les secondes leur activité digestive, par dissociation complète des éléments minéraux et protéiques sous l'influence de l'électrolyse. Voyons maintenant les différences qui existent entre ces deux catégories de catalyseurs.

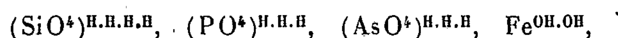
Au point de vue de la teneur en métaux, il ne semble pas qu'il y en ait d'importantes. Toutes renferment du calcium en abondance et toutes contiennent, en plus, un ou plusieurs autres métaux : magnésium, fer, etc.

C'est du côté de la teneur en acides que résident les divergences les plus nettes. Les diastases tissulaires seules renferment de l'acide silicique et donnent à l'incinération une masse vitreuse.

A côté de l'acide silicique, ces diastases peuvent contenir les acides phosphorique et arsénique, polyatomiques comme le premier. Les diastases du suc pancréatique ne renferment aucun acide polyatomique, mais seulement un acide monoatomique, l'acide chlorhydrique.

Le passage du courant détermine d'autre part avec les diastases tissulaires un coagulum dans les deux branches, positive et négative. Cela indique que les ions métalliques ne sont pas tous libres ou combinés à des ions OH, mais que certains sont fixés sur des granules de micelles colloïdales auxquelles ils communiquent une charge électropositive.

Ces poudres renfermeraient donc deux catégories nouvelles de diastases répondant aux formules suivantes :



$$(SiO^4)^{H.H.H.H}, \quad (PO^4)^{H.H.H}, \quad (AsO^4)^{H.H.H}, \quad Fe^{OH.OH},$$

les diastases hydrolysantes du suc pancréatique répondant à la formule Cl^{H}.

On peut admettre que les diastases $Fe^{OH.OH}$ représentent des oxydases. Il en existe aussi très probablement à base de manganèse, mais les réactions chimiques de ce métal étant moins sensibles que celles du fer, c'est proba-

---

[1] Séance du 11 février 1924.

blement la raison pour laquelle nous ne l'avons pas décelé. Nous nous proposons de compléter cette étude en ayant recours à l'analyse spectrale, afin de rechercher le manganèse, le zinc, le cuivre, etc.

Les diastases à base d'acides polyatomiques ne représenteraient-elles pas les catalyseurs de synthèse, par analogie avec ce que l'on observe en chimie, où l'acide chlorhydrique monoatomique suffit aux phénomènes d'hydrolyse, tandis qu'il faut un acide diatomique $SO^4\begin{matrix}\diagup H \\ \diagdown H\end{matrix}$ pour effectuer la soudure de deux molécules d'alcool par perte d'eau. L'acide silicique, qui est à la fois un acide fort, par conséquent fortement ionisable, et un acide *tétratomique* doit, à plus forte raison, posséder cette propriété. Il est à remarquer que les acides phosphorique et arsénique sont aussi des acides forts.

On s'expliquerait ainsi l'absence d'acide silicique, phosphorique et arsénique dans les ferments du suc pancréatique, où les diastases de synthèse n'ont aucune raison d'exister. On s'expliquerait aussi l'absence de coagulum dans la branche négative, car il n'y a pas davantage de raison pour que l'on y rencontre des oxydases.

Nous ferons remarquer d'autre part que les diastases avec lesquelles on obtient le coagulum de beaucoup le plus important dans la branche négative sont celles de muscles striés, après viennent celles de foie. Or, c'est précisément dans les muscles d'abord, et dans le foie ensuite que les combustions présentent leur maximum d'intensité.

Nous remarquerons que les constituants minéraux dont nous avons décelé la présence dans les diastases tissulaires sont tous des médicaments de la nutrition : calcium, magnésium, fer, phosphore, arsenic. Il est probable que les composés du silicium présenteraient au point de vue thérapeutique la même importance que les composés du phosphore et de l'arsenic.

La présence abondante du calcium *dans toutes les diastases* nous explique d'autre part le rôle extrêmement important de ce métal en biologie.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur un actinomètre à lecture directe destiné à la mesure de l'ultraviolet solaire.* Note de M. **B. Szilard**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous avons réalisé un actinomètre photo-électrique fonctionnant sans accessoires d'aucune sorte et pouvant être reproduit dans des conditions toujours égales, les données qu'il fournit se rapportant à des étalons convenablement choisis. Les mesures consistent uniquement en lectures du déplacement d'une aiguille sur un cadran. L'instrument étudié est surtout destiné à la mesure de l'ultraviolet solaire, si importante au point de vue météorologique et climatologique; il peut également être utilisé sans modifications à la mesure de toute source artificielle, comme la lampe à vapeur de mercure, l'arc, l'étincelle, etc.

Principe. — Une cellule photo-électrique en *quartz* à cathode en cadmium sert d'organe détecteur et un électromètre à lecture à aiguille (analogue au type précédemment décrit), mesure l'intensité du courant transmis par la cellule proportionnellement à l'intensité des radiations.

L'emploi du quartz s'impose car seul cette substance peut fournir des indications constantes; d'autre part il n'engendre pas de courants parasitaires auxquels le verre donne toujours naissance.

Le cadmium a été choisi pour cathode à cause de sa réaction sélective vis-à-vis des rayons ultraviolets compris entre $\lambda = 3900$ et $\lambda = 2950$ U. Å. Les radiations visibles à partir de 3800 U. Å. sont pratiquement sans action sur ce métal. Le cadmium distillé dans l'hydrogène et conservé dans une atmosphère d'argone possède la propriété de réagir d'abord *uniquement* à l'ultraviolet entre les limites indiquées et de plus, de présenter une sensibilité maxima coïncidant avec celle de la peau humaine [1].

Pour les mesures de climatologie biologique le phénomène sélectif, photo-électrique du cadmium constitue donc un effet de choix.

Nous avons pu vérifier que ces cellules restaient semblables à elles-mêmes à 3 pour 100 près (limite de précision de la source étalon actuel) en un an

[1] D'après Hausser et Vahle, le rayonnement biologique actif débute à $\lambda = 3200$ U. Å., a son maximum à 3000; et à $\lambda = 2800$ U. Å. n'a plus que 25 pour 100 de son activité maxima.

d'intervalle et qu'elles ne donnaient pratiquement du courant ni dans l'obscurité ni sous l'influence d'une lumière dont $\lambda > 3950$ U.Å.; nous avons constaté également qu'elle ne présentait ni fatigue ni inertie, et qu'enfin le courant transmis était proportionnel à l'intensité actinique, celle-ci variant dans une proportion de 1 à 200.

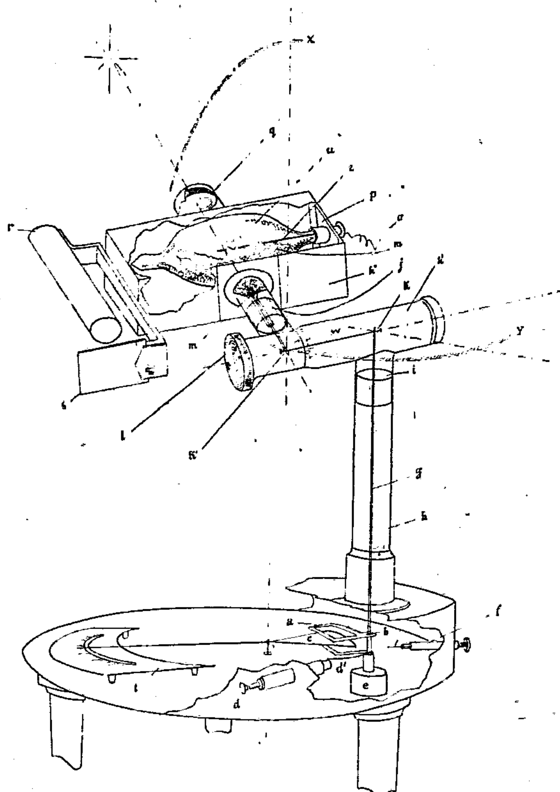
Au lieu d'exposer la cellule directement à la lumière, nous avons préféré l'entourer d'une gaine métallique; ceci offre des avantages non seulement pour des raisons mécaniques, mais permet encore d'éviter les troubles électrostatiques pouvant provenir des corps avoisinants. En outre, étant donné que l'intensité du courant fourni par la cellule varie avec le plan de polarisation de la lumière incidente, nous avons dû chercher un plan et un degré de polarisation toujours identiques en adaptant une lentille convergente en quartz projetant l'image de la source sur la cellule montée en chambre noire.

Enfin nous avons disposé un viseur qui permet de viser la source sous un angle défini et de projeter son image *toujours sur une même plage de la cellule*.

Cette plage sera, dans le cas de l'actinométrie du soleil, toujours de même surface. Lorsqu'il s'agit de sources artificielles, une mise au point de la lentille permet de couvrir également des plages d'égales dimensions.

Construction. — Une minuscule machine statique *d* fournit la charge électrique négative; en poussant la manette *d'* on communique cette charge directement au cadran *a*, lequel est monté sur un support isolant *e*; l'aiguille *c* est immédiatement attirée et indique le voltage sur son échelle, disposée au-dessous. En manœuvrant la petite manette *f* on peut, par de faibles décharges successives, ramener l'aiguille à une division définie, c'est-à-dire opérer exactement au potentiel voulu. La tige métallique *g*, maintenue par l'isolant *i*, fait contact avec le secteur au point *b* autour duquel elle pivote. Une autre tige verticale *w* pivote à son tour dans les orifices *k*, *k'* et assure ainsi le contact entre la cathode *m* de la cellule *u* et le secteur de l'électromètre *a*. La borne *o*, maintenue dans une pièce isolante *p*, sert de sortie pour l'anode *z* et se trouve reliée au sol dans les montages ordinaires. La lentille en quartz *q* permet de concentrer les rayons sur le fond de la cellule. Des montures *h*, *h'* et *h''* assurent la protection électrostatique complète; elles sont susceptibles de tourner respectivement dans les plans *x* et *y*, ce qui permet à l'opérateur de diriger la lentille sur un point voulu de l'espace, et ceci, sans déplacer l'électromètre ni modifier sa capacité électrostatique; cette dernière circonstance est du reste aisée à vérifier, car lorsque l'électromètre est chargé les déplacements du dispositif *h*, *h''* et *h'* ne provoquent point de variations dans la position de l'aiguille. Enfin le viseur composé d'un tube *r* à parois minces et d'une plaque dépolie *s* permet le pointage; quand les rayons solaires sont rigoureusement

perpendiculaires à la surface de la lentille, l'ombre du tube *r* sur le dépoli *s* apparaît comme un anneau très fin.

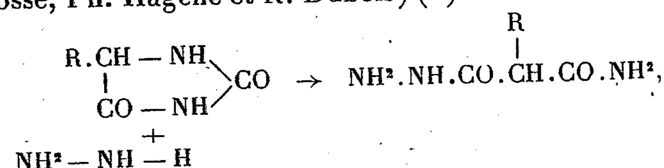


Maniement. — Après avoir chargé l'électromètre au moyen du chargeur *dd'* et après l'avoir ramené au moyen du régleur *f* au potentiel voulu, on dirige la lentille à l'aide du viseur sur le soleil, on la découvre et l'on chronomètre le temps nécessaire pour obtenir un déplacement convenable de l'aiguille.

Sensibilité. — La capacité de l'électromètre seul ne dépasse pas 2 U. E. S. Le dispositif complet, la cellule montée, a une capacité de 22 U. E. S. La sensibilité à la tension correspond en moyenne à 1 div. (1^{mm} env.) = 0,7 volt. Ainsi un déplacement d'aiguille de 1 div. à la seconde correspond à 5×10^{-3} U. E. S., soit à $1,5 \times 10^{-12}$ ampère environ. Avec cet instrument, un ruban de magnésium long de 10^{cm} (poids 58^{mg}, largeur $2^{mm},8$, épaisseur $0,15^{mm}$), brûlé à 40^{cm} de distance, donne un déplacement d'aiguille de l'ordre de 10 div. en 25 secondes et le soleil de novembre (1923), à Paris, au ciel pur, vers midi, de l'ordre de 10 div. en 100 secondes.

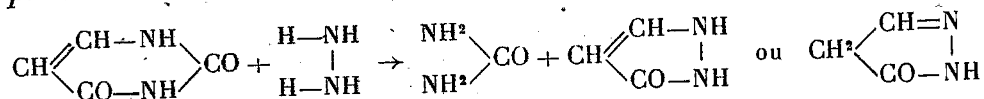
CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Action de l'hydrazine sur l'uracyle et la thymine*. Note de MM. **R. Fosse**, **A. Hieulle** et **Lawrence-W. Bass**, présentée par M. Roux.

1. *Tandis que l'hydrazine se fixe sur l'hydantoïne ou l'allantoïne en ouvrant la chaîne fermée pour donner l'hydrazide de l'acide hydantoïque ou allantoïque* (R. Fosse, Ph. Hagène et R. Dubois) (¹) :

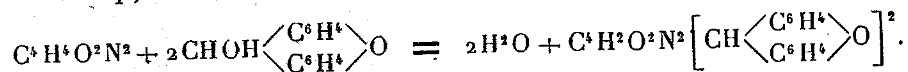


elle réagit par substitution sur le noyau pyrimidique de l'uracyle en produisant de l'urée et un autre composé hétérocyclique, la pyrazolone.

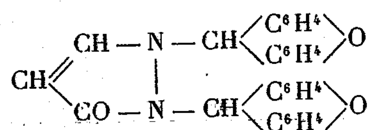
Dans cette réaction nouvelle, le radical de l'urée .NH.CO.NH. *est déplacé par le radical de la base de Curtius* .NH.NH. :



a. Le xanthydrol, qui se combine aux dérivés de l'hydrazine : semicarbazine, phénylhydrazine (R. Fosse), diméthylphénylpyrazolone (R. Fabre), possède aussi la faculté de s'unir à la pyrazolone elle-même. *Comme l'urée, la pyrazolone est transformée en un dérivé dixanthylé, cristallisé, spécifique, résultant de l'élimination de deux molécules d'eau entre une molécule de pyrazolone et deux molécules de xanthydrol :*

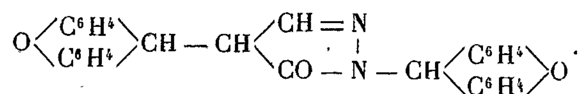


La dixanthylpyrazolone peut être représentée par l'une ou l'autre des formules



(¹) R. Fosse, Ph. Hagène et R. Dubois, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 578.

ou



b. Séparation de l'urée et de la pyrazolone sous la forme de leurs dérivés xanthylés. — On chauffe, 1 heure au bain-marie bouillant, l'uracyle ($0^g,1$) et l'hydrate d'hydrazine ($0^{cm^3},3$). Le mélange, additionné d'eau (10^{cm^3}) et d'acide acétique (10^{cm^3}), reçoit, goutte à goutte, en agitant, une solution acétique de xanthydrol à $\frac{1}{10}$ (10^{cm^3}). Le précipité blanc, caséeux, qui se produit presque aussitôt, essoré le lendemain, lavé à l'alcool, est épuisé à plusieurs reprises avec de l'acétone bouillante au reflux.

Par cristallisation du résidu dans la pyridine chaude, on obtient la dixanthylurée, pure, en filaments incolores, fondant après plusieurs minutes de chauffage au sein de la vapeur d'oxyde de phényle en ébullition.

Les liqueurs acétoniques, concentrées, déposent, après quelque temps, la dixanthylpyrazolone, qu'on purifie par plusieurs cristallisations dans le même solvant.

Analyse. — Trouvé : N pour 100, 6,43; 6,42. Calculé pour $C^{29}H^{30}O^3N^2$: N pour 100, 6,30.

Point de fusion : par très lent chauffage, tube étroit, coloration vers 195° et fusion en liquide rouge foncé de 210° à 213° (n. c.).

c. Préparation de la dixanthyl-pyrazolone en partant de la pyrazolone. — La pyrazolone, découverte par Ruhemann ([1]), préparée par nous d'après la méthode de Knorr ([2]), forme avec le xanthydrol un dérivé dixanthylé identique au corps précédemment isolé dans l'action successive de l'hydrazine sur l'uracycle et du xanthydrol sur le produit qui en résulte.

Analyse. — Trouvé : N pour 100, 6,42; 6,44. Théorie pour $C^{29}H^{30}O^3N^2$: N pour 100, 6,30.

Point de fusion : coloration vers 195°, fusion 210°-213°.

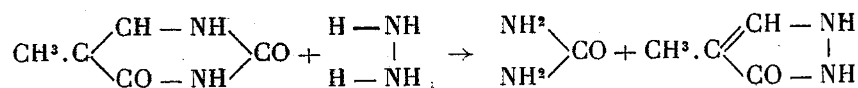
d. Isolement de la pyrazolone formée dans la réaction de l'hydrazine sur l'uracyle. — Le produit, résultant du chauffage de l'uracyle (2^g) et de l'hydrate d'hydrazine ($3^{cm^3},5$), 1 heure 30 minutes, au bain-marie bouillant, additionné ensuite d'alcool absolu (30^{cm^3}), reçoit SO^4H^2 à $\frac{1}{20}$ dans le même solvant, jusqu'à ce qu'il ne se précipite plus de sulfure d'hydrazine. La liqueur, débarrassée de l'excès de SO^4H^2 par du gaz NH^3, sec, à refus, filtrée, placée dans le vide sulfurique, laisse un résidu, qu'on épuise avec de l'éther absolu, à l'ébullition au reflux. Après concentration et recristallisation dans le même solvant, on obtient des cristaux microscopiques blancs, groupés, possédant toutes les propriétés de la pyrazolone de Ruhemann.

2. *La thymine* ($0^g,1$), *traitée d'abord par l'hydrate d'hydrazine* ($0^{cm^3},6$, 4 heures au bain-marie), *puis, par le xanthydrol, en milieu acétique, donne,*

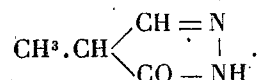
([1]) Ruhemann, *Berichte*, t. 27, p. 1662.

([2]) Knorr, *Berichte*, t. 29, p. 253.

comme l'uracyle, deux composés dixanthylés dérivant : l'un, de l'urée; l'autre, d'un corps de même formule que la méthylpyrazolone inconnue



ou



a. Le produit brut de l'action du xanthydrol, exactement préparé comme celui dérivé de l'uracyle, soigneusement privé d'acide acétique par agitation avec l'eau, traité par l'acétone bouillante, se dissout partiellement en laissant la dixanthylurée, qu'on obtient pure par cristallisation de la pyridine. La solution acétonique, concentrée abandonne des cristaux groupés, fondant après deux nouvelles cristallisations, vers 202°, en un liquide faiblement teinté en jaune.

Analyses de la dixanthylméthylpyrazolone.

	Trouvé. I.	Trouvé. II.	Théorie pour $C^{30}H^{22}O^{3}N^{2}$.
C pour 100......	78,35	»	78,60
H »	5,28	»	4,80
N »	6,15	6,21	6,11

Analyse de la dixanthylurée.

	Trouvé.	Théorie pour $C^{27}H^{20}O^{3}N^{2}$.
N pour 100............	6,64	6,66

b. La dixanthylméthylpyrazolone se forme aussi en traitant par le xanthydrol acétique le produit brut de l'action de l'hydrazine sur le formylpropionate d'éthyle.

Analyse. — Trouvé : N pour 100, 6,08; 6,05. Théorie pour $C^{30}H^{22}O^{3}H^{2}$: N pour 100, 6,11.

Point de fusion : 202°.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur une méthode de mesure de l'activité d'une laccase.* Note de M. **Paul Fleury**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les recherches fondamentales de G. Bertrand [1] ont montré que la laccase devait être considérée comme le premier représentant d'une classe de diastases, susceptibles de fixer directement l'oxygène gazeux sur divers corps organiques, auxquelles il a donné le nom d'oxydases.

Ces oxydases ont donné lieu à de nombreux travaux mais, parmi ceux-ci, les recherches destinées à vérifier dans quelle mesure elles obéissaient aux lois générales qui règlent les transformations diastasiques (travaux de Medwedew, Slowtzoff, Chodat, Bach, Bunzell, etc.) ont donné des renseignements assez souvent imprécis et parfois contradictoires.

Méthode d'étude. — La méthode employée dans nos recherches repose sur les faits suivants :

1° Le gaïacol constitue un réactif sensible (E. Bourquelot) et spécifique (G. Bertrand) de la laccase.

2° L'oxydation du gaïacol par l'oxygène de l'air en présence de la laccase, donne lieu à la formation d'un corps de constitution connue : la tétragaïacoquinone (G. Bertrand).

3° La gaïacoquinone, produite dans ces conditions, sous forme de solution colloïdale, est entièrement extractible par le chloroforme et sa solution chloroformique est susceptible de se prêter, dans certaines conditions, à un bon dosage colorimétrique en prenant, comme terme de comparaison, une solution aqueuse centinormale d'iode. Cette dernière solution équivaut à la concentration de $56^{mg},5$ de gaïacoquinone dans un litre de chloroforme.

4° Ce dosage colorimétrique est applicable, dans certaines conditions, à l'étude de la laccase, car, d'une part, l'oxydation du gaïacol peut être totale (la réaction est régulière et elle a lieu avec un rendement qui peut atteindre 95 pour 100) et, d'autre part, le ferment ne paraît pas s'altérer sensiblement au cours de la réaction dans les conditions où nous opérons.

Mode opératoire. — Le mode opératoire, très simple, consiste à soumettre à l'action d'un courant d'air dans un barboteur spécial, placé dans un thermostat, 10^{cm^3} d'une

---

[1] G. Bertrand, *Recherches sur la laccase, nouveau ferment soluble à propriétés oxydantes* (*Ann. Phys. et Chim.*, 7e série, t. 12, 1897, p. 115-140).

solution de gaïacol additionnée de laccase. Au bout d'un temps donné, la gaïacoquinone est extraite par agitation avec 10^{cm^3} de chloroforme et dosée colorimétriquement.

La préparation de laccase utilisé était extraite, par précipitation fractionnée au moyen de l'acétone, du latex de l'arbre à laque du Tonkin qui, précisément, a servi à G. Bertrand pour ses recherches primitives.

Résultats. — En possession d'une méthode de mesure dont nous connaissions ainsi la valeur, nous avons examiné d'abord si les lois de proportionnalité qui relient les quantités de substrat transformées, d'une part à la durée d'action, d'autre part aux quantités de ferment, se retrouvaient pour la laccase.

Nous avons donc soumis à l'action d'un courant d'air d'une vitesse suffisante (10 à 15 litres à l'heure) une solution aqueuse de gaïacol de concentration convenable (1 pour 100) à réaction optimum ($p_H = 6,7$) placée à une température constante (+30°) en employant des quantités variables de notre préparation de laccase pendant des temps variables.

Dans le tableau ci-dessous, nous avons calculé à l'aide des résultats obtenus, la valeur du rapport $\frac{Q}{FT}$ (Q = quantité de gaïacoquinone formée au bout de temps T en présence du poids donné de ferment F). C'est le poids de gaïacoquinone (exprimé en *dixième de milligrammes*) produit en *une* minute en présence de *un* centigramme de laccase.

Si les lois de proportionnalité étaient respectées, la valeur de ce rapport pourrait servir à mesurer l'*activité* A de la laccase dans les conditions de nos expériences. Il exprimerait dans ce cas, en première approximation, la vitesse relative de la réaction.

Laccase : en milligrammes.	Temps en minutes 1,25.	2,50.	5.	10.	20.	40.	80.
0,5........	»	»	»	4,36	6,10	7,70	7,84
1...........	»	»	5,96	5,71	7,02	8,20	7,71
2...........	»	»	5,37	6,32	7,27	6,90	5,71
10...........	2,96	3,72	4,34	6,07	6,22	6,20	»
20...........	2,32	2,49	3,32	4,60	4,09	»	»

Si nous examinons pour *chaque poids de laccase* la variation d'activité en *fonction du temps* on voit qu'il y a, dans chaque cas, pour des temps moyens une *période de constance* relative précédée d'une période d'établissement et suivie d'une période de décroissance.

Pour les variations de cette même activité en *fonction des quantités de laccase*, on constate d'une façon très nette que la valeur maximum du rapport est d'*autant plus élevée* (sauf pour $0^{mg},5$ de laccase) que la quantité de laccase mise en œuvre est *plus petite*.

Cette particularité est due peut-être à ce que, contrairement à ce que nous pensions, nos expériences ne sont pas exactement comparables. En effet en faisant varier les quantités de laccase, on fait aussi varier les quantités d'impuretés qui l'accompagnent. Il faut probablement faire intervenir aussi les variations dans la consommation de l'oxygène dissous, dont le ravitaillement n'est plus aussi bien assuré dans le cas de quantités relativement grandes de laccase.

Conclusions. — 1° Au point de vue général, on retrouve donc pour la laccase *entre certaines limites* de temps et de concentration en laccase, la *loi de proportionnalité linéaire* qui, pour les diastases, lie la quantité de matière transformée au temps et à la quantité du ferment.

2° Au point de vue pratique, il est donc possible, *dans ces limites*, de *chiffrer l'activité* d'une préparation de laccase.

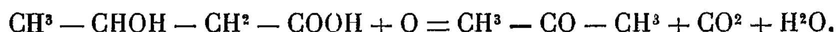
Cette méthode nous a permis d'étudier les principales lois d'action de la laccase.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Dosage des corps cétoniques et de l'acide β-oxybutyrique dans l'urine des diabétiques.* Note de M. **H. Bierry** et Mlle **L. Moquet**, présentée par M. Moureu.

Le dosage des corps cétoniques : acétone et acide acétylacétique et de l'acide cétogène : β-oxybutyrique, dans l'urine des diabétiques, présente un grand intérêt au cours du traitement.

L'évaluation de ces deux classes de composés se ramène à un dosage d'acétone : l'acide diacétique se transformant en acétone pendant la distillation des liquides, et l'acide β-oxybutyrique donnant également de la diméthylcétone par l'oxydation qu'on lui fait subir en milieu sulfochromique.

Cette dernière méthode préconisée par Shaffer (1908) est l'application de la réaction indiquée par Minkowski :



$$CH^3 - CHOH - CH^2 - COOH + O = CH^3 - CO - CH^3 + CO^2 + H^2O.$$

Un grand nombre d'auteurs ont employé cette oxydation sulfochromique en modifiant soit le temps d'oxydation, soit la méthode de détermination de l'acétone : Shaffer et Marriott, Embden, Kennavay, Hurtley, Van Slyke, Engfeldt, Hubbard etc.

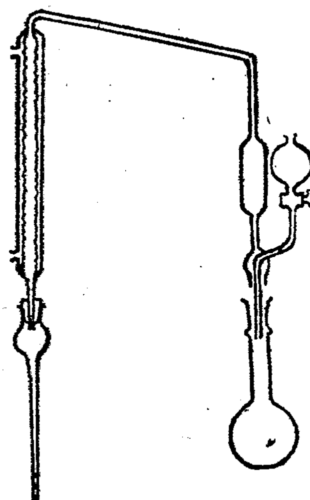
Tenant compte des diverses critiques et remarques de ces auteurs, l'un de nous (¹) a mis au point une technique qui est une application des procédés de Van Slyke (²) et surtout de Hubbard (³). Les opérations sont effectuées dans un appareil spécial (⁴) (étanchéité parfaite, grâce à une garde de SO^4H^2; suppression des bouchons de liège et de caoutchouc; régularisation de la distillation) inspiré de celui de A. Desgrez pour le dosage du carbone total.

Voici son application à l'urine des diabétiques :

1° *Défécation de l'urine.* — On utilise le moyen indiqué par Van Slyke.

Dans un matras jaugé de 250^{cm^3}, on introduit 25^{cm^3} d'urine, 100^{cm^3} d'eau, 50^{cm^3} d'une solution de SO^4Cu à 20 pour 100, et par fraction un lait de chaux à 10 pour 100 jusqu'à réaction nettement alcaline, marquée par l'apparition d'une teinte bleue. Le filtrat ne doit pas réduire la liqueur de Fehling.

2° *Distillation de l'acétone provenant des corps cétoniques.* — On introduit dans



le ballon de l'appareil 25^{cm^3} de filtrat (⁵) et un peu de pierre ponce. Dans ce ballon mis en place, on verse, par l'entonnoir à robinet, successivement : 130^{cm^3} d'eau distillée

(¹) Desgrez, Bierry et F. Rathery, *Bull. Acad. Médecine*, 17 avril 1923.

(²) *Journ. of biol. Chemistry*, t. 32 1917, p. 455 et 495.

(³) *Journ. of biol. Chemistry*, t. 49, 1915, p. 353.

(⁴) Construit par la maison : Société Le Pyrex.

(⁵) Suivant les richesses des urines on peut prendre 25, 50 ou 75^{cm^3} de filtrat en diminuant d'autant la quantité d'eau qui doit être ajoutée. Il suffit que la prise ne renferme pas plus de $0^g,025$ d'acide β-oxybutyrique.

et 20^{cm^3} d'une solution aqueuse de SO^4H^2 pur à 25 pour 100 (en volumes). On distille 10 à 12 minutes de façon à recueillir 45^{cm^3} à 50^{cm^3} de distillat A.

3° *Oxydation de l'acide β-oxybutyrique.* — Dans le liquide débarrassé des corps cétoniques, maintenu à l'ébullition, on introduit par l'entonnoir à robinet, un mélange de 22^{cm^3} de solution aqueuse de SO^4H^2 à 50 pour 100 (en volumes) et 26^{cm^3} de bichromate de K (purifié par deux cristallisations, puis fondu) à $0^g,15$ pour 100. Le mélange est versé, sans interrompre l'ébullition, ce qui demande un peu moins d'une minute. Grâce à la ponce l'ébullition peut être maintenue assez vive et très régulière. Au bout de 10 minutes de distillation, on introduit à nouveau 50^{cm^3} de solution de bichromate avec les mêmes précautions. On fait ainsi trois additions successives, de 10 minutes en 10 minutes de 50^{cm^3} de solution oxydante. La distillation est continuée un quart d'heure après la dernière addition et l'on recueille 200^{cm^3} à 220^{cm^3} de distillat B. L'oxydation dure trois quarts d'heure.

4° *Dosages.* — Les distillats A et B, recueillis avec les précautions nécessaires pour éviter les pertes d'acétone (Marriott), additionnés des eaux de lavage, sont redistillés en présence de $0^g,50$ de peroxyde de sodium. Sur les distillats A′ et B′, provenant de A et B, on détermine iodométriquement l'acétone [1]. Une correction de 16 pour 100 par addition doit être faite dans le cas de l'acide β-oxybutyrique pour l'acétone qui n'est pas retrouvée, en utilisant le mode opératoire que nous indiquons.

Dans ces conditions : 1^{cm^3} d'iode $\frac{N}{10}$ correspond à $0^{mg},968$ d'acétone et $2^{mg},069$ d'acide β-oxybutyrique.

Dans la méthode de Van Slyke, on dose l'acétone, préformée ou provenant de l'acide diacétique, par le complexe qu'elle forme à l'ébullition en présence de sulfate mercurique en solution sulfurique ; on dose également par sa combinaison mercuro-chromique l'acétone provenant de l'oxydation sulfochromique de l'acide β-oxybutyrique. Comme on ne retrouve ainsi que 75 pour 100 de l'acétone théorique, Van Slyke a dû donner des facteurs spéciaux par lesquels il faut multiplier les poids des précipités obtenus pour les transformer en poids d'acétone, d'acide β-oxybutyrique, ou de corps « acétoniques totaux ».

Bien que nous ayons déjà comparé les deux méthodes, nous avons tenu à faire de nouveaux dosages comparatifs. Ces dosages ont porté : 1° sur des solutions d'acide β-oxybutyrique purifié (pureté constatée par le dosage du carbone, le pouvoir rotatoire, etc.) ; 2° sur des échantillons d'acides commerciaux non purifiés (Kahlbaum, etc.) ; 3° sur des urines diabétiques renfermant des quantités variables de corps cétoniques et d'acide β-oxybuty-

---

(1) Il est indispensable d'essayer les réactifs par un dosage à blanc. Une seule distillation, dans ces conditions, ne serait pas suffisante pour un dosage rigoureux.

rique ; 4° enfin sur des urines, dont on avait déterminé la teneur préalable en acide β-oxybutyrique, qu'on additionnait de poids connus d'acide pur.

Les chiffres obtenus par l'une et l'autre méthode sont sensiblement les mêmes quand on opère sur des solutions d'acide pur; il n'en est plus ainsi avec les solutions d'acides commerciaux, les poids trouvés avec la méthode de Van Slyke sont plus élevés, dépassant parfois le poids d'acide ajouté. Certaines urines diabétiques donnent des chiffres assez voisins, qu'on utilise l'une ou l'autre méthode, d'autres des chiffres plus forts avec le procédé de Van Slyke. Ces divergences tiennent à ce que certaines substances, pouvant exister en plus ou moins grandes quantités dans l'urine des diabétiques : acide lactique, acide formique, aldéhydes, créatine, etc. sont susceptibles d'apporter, comme nous nous en sommes assurés, des perturbations soit dans le dosage de l'acétone, soit dans celui de l'acide β-oxybutyrique, parfois dans les deux si l'on a recours au dosage des « corps acétoniques totaux ». Les erreurs par excès dues à ces corps ne peuvent être évitées dans le procédé Van Slyke; elles peuvent l'être, en partie sinon en totalité, en utilisant la première méthode si l'on a soin de redistiller les liqueurs en présence d'oxydants sans action sur l'acétone présente. Nous ne pouvons entrer ici dans ces détails.

Les dosages doivent être pratiqués sur des urines de fraîche date et additionnées à l'émission de SO^4Cu en poudre, si l'on veut éviter des erreurs importantes.

Conclusion. — La méthode décrite, application des procédés de Van Slyke et Hubbard, peut être utilisée pour les dosages courants des corps cétoniques et de l'acide β-oxybutyrique dans l'urine des diabétiques.

A $16^h 30^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17^h.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 4 février 1924.)

Note de M. *Ph. Glangeaud*, Le bassin hydrominéral de Saint-Nectaire (Puy-de-Dôme); ses dislocations et son cadre volcanique :

Page 538, ligne 8, *au lieu de* sud, *lire* nord; ligne 6, *au lieu de* Mageyres, *lire* Mazeyres.

Page 540, ligne 14, *au lieu de* par un escarpement, *lire* sous la forme d'un escarpement; ligne 16, *au lieu de* Puy de Mageyres, *lire* Puy de Mazeyres.

(Séance du 11 février 1924.)

Note de M. *Louis Breguet*, Sur la résultante aérodynamique d'un planeur soumis à des pulsations aériennes verticales :

Page 624, formule (5), *au lieu de* V (au numérateur), *lire* v; formules (6) et (9), *au lieu de* V_M, *lire* v_M; ligne 15, *au lieu de* équation (5), *lire* équation (6); dernière ligne, *au lieu de* c_x, *lire* c'_x.

Page 625, ligne 24, *au lieu de* pour une période de 1″, *lire* pour une période de 1 seconde.

Dans le titre, *au lieu de* planteur, *lire* planeur.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 MARS 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **E.-L. Bouvier** donne connaissance de la Notice nécrologique suivante :

L'Académie vient d'éprouver une grande perte : **Jacques Loeb**, un des plus illustres parmi ses membres correspondants, est mort subitement, aux îles Bermudes, à l'âge de 64 ans, alors qu'il était en pleine activité scientifique, et que les recherches de chimie physique poursuivies, dans ces dernières années, par ce biologiste faisaient l'admiration de beaucoup de chimistes de métier. Biologiste, physiologiste, chimiste, il était tout cela, et même psychologue. Mais tous ses travaux — et ils se chiffrent par centaines — sont dominés par l'idée du déterminisme physico-chimique des phénomènes de la vie : prévoir une réaction, s'en rendre maître, tel était le but principal de ses recherches.

Dès le début de sa carrière scientifique, Loeb s'efforce de montrer l'automatisme des actes des animaux et expose sa célèbre théorie des tropismes (1889), qu'il n'a cessé depuis d'étayer sur des faits toujours plus nombreux. Il rêve ensuite d'« imiter » dans tous ses détails, un phénomène « essentiellement vital », et c'est, en 1899, sa découverte la plus retentissante : la parthénogenèse artificielle, la fécondation chimique. Il passe plusieurs années à en perfectionner les méthodes, à en tirer, avec une ingéniosité et une profondeur de vues admirables, les conséquences pour la biologie générale, la physiologie, la pathologie. Que d'autres découvertes importantes, relatives au fonctionnement des centres nerveux, à la régénération chez les animaux et les plantes, aux actions antagonistes des sels dans l'organisme !... A Chicago, puis à Berkeley en Californie, enfin à l'Institut Rockefeller de New-York, dont il dirigeait la section de physiologie, aux

stations maritimes de Woods-Holl, des Bermudes, ce travailleur infatigable ne cessait de scruter la vie pour lui arracher ses secrets.

Loeb a exercé une grande influence sur les jeunes générations par ses livres, dont la plupart sont traduits en français : *la Dynamique des phénomènes de la vie*, le plus riche peut-être en idées fécondes, *la Conception mécanique de la vie*, *la Fécondation chimique*, *Forced movements*, *Tropisms and animal Conduct*, *the Organism as a whole*, *Proteins and Theory of colloïdal Behavior*... dont la traduction, remaniée par Loeb lui-même, va paraître incessamment dans la collection Borrel. En 1918, Loeb a fondé le *Journal of general Physiology;* dans les mémoires qu'il y publiait régulièrement sur les propriétés des colloïdes, il a donné toute la mesure de son génie.

NAVIGATION AÉRIENNE ET MÉTÉOROLOGIE. — *Cause et origine des cyclones et des typhons*. Note de M. **F.-E. Fournier.**

1. Parmi les nuages flottant dans l'atmosphère, les plus élevés sont les *cirrus* parce que leur densité y est réduite le plus possible par la congélation, en petits glaçons, d'une portion de leurs particules aqueuses.

2. Dans le cas où la répartition, essentiellement variable, de ces cirrus sur leur couche dominante, concentrique au niveau des mers, les soumet, temporairement, à une compression exceptionnelle sur une étendue considérable de cette couche, entre deux de ses parallèles astronomiques, ce volume s'y débite dans le sens le plus favorable à sa détente, qui est celui de sa circulation atmosphérique, de l'Ouest vers l'Est. Son centre y suit alors un parallèle intermédiaire avec sa vitesse propre, V, et ses autres parties intégrantes participent autour de lui à un mouvement tourbillonnaire d'ensemble, à dépression centrale, dans lequel ce sont évidemment les cirrus, dont la vitesse est la plus rapide vers l'Est, sur leur parallèle le plus rapproché de l'équateur, qui infléchissent leur direction de manière à contourner, sur son avant, le tourbillon ainsi amorcé, c'est-à-dire : *de l'Est vers le Nord*, ou, *de l'Est vers le Sud*, selon qu'il se produit dans l'*hémisphère Nord*, ou dans l'*hémisphère Sud*.

3. Or, ce sens de la rotation, qui s'impose aux tourbillons à dépression centrale des cirrus, étant précisément celui de la rotation de tous les cyclones et les typhons du niveau terrestre, il semble en résulter que ceux-ci ont leur cause et leur origine dans un tourbillon cyclonique des cirrus dont leur viendrait l'entraînement giratoire.

4. Cette conception nouvelle est d'autant plus admissible d'ailleurs, qu'elle seule peut expliquer pourquoi les cyclones et les typhons sont toujours précédés et accompagnés d'une descente des cirrus.

Les cirrus que l'on voit ainsi descendre sont en effet, sans doute, ceux qui, en contournant l'avant de leur tourbillon cyclonique, y subissent des entre-choquements assez violents pour élever leur température au point de ramener à l'état aqueux leurs particules congelées, en augmentant, en conséquence, leur densité, de manière à les abaisser à des niveaux moins froids où ils nous apparaissent sous leurs formes nuageuses bien caractéristiques.

5. Il faut observer d'ailleurs, à l'appui de cette hypothèse, que l'entraînement giratoire de l'air jusqu'au niveau terrestre, sur une profondeur ne dépassant guère le *dixième* du diamètre des grands cyclones de l'océan Indien, par exemple, s'explique aisément par la *rigidité relative* des cirrus due à la cohésion exceptionnelle de l'ensemble de leurs particules congelées, comparativement avec la fluidité de la couche d'air les séparant de ce niveau limite.

6. Enfin, à ces particularités caractéristiques de la circulation de l'air dans les cyclones et les typhons, s'en ajoute une autre, décisive alors, en confirmation de cette même hypothèse; c'est le fait que le vent n'y prend pas naissance sur le sol, car sa vitesse giratoire G y fait brusquement irruption en y exerçant une charge dynamiqne $\mu_1 G_1^2$, de masse spécifique μ_1, par unité de volume et de surface, qu'y transmet donc manifestement par entraînement giratoire, d'un niveau à l'autre, le tourbillon supérieur des cirrus sur son contour extérieur de rayon r_1, et dont un *dirigeable*, en navigation aérienne, subirait donc subitement le choc en y pénétrant, quelle que soit l'altitude à laquelle il pourrait soutenir son vol.

Or, V étant la vitesse translatoire de ce cyclone des cirrus, le choc subit du vent, qu'y subirait un dirigeable en y pénétrant, aurait pour résultante

$$\mu_1 V^2 + \mu_1 G_1^2$$

du *côté dangereux* du tourbillon, et $\mu_1 V^2 - \mu_1 G_1^2$, de son *côté maniable*.

De plus, en supposant qu'il ne soit pas désemparé par ce choc initial, il courrait à une perdition certaine s'il ne s'en dégageait pas, latéralement, avant d'être entraîné jusqu'à son centre.

Cependant un dirigeable aura toujours intérêt à voler le plus haut possible; car s'il a la mauvaise fortune de se heurter à un cyclone, c'est toujours le même choc des vents qu'il y subira, en y pénétrant à quelque altitude qu'il s'y trouve et il lui restera la chance de s'en tirer par sa

manœuvre. Mais il courra, ainsi, moins de risques de faire une autre rencontre plus dangereuse : celle de nuages orageux capables de le foudroyer, comme *Le Dixmude*, s'il ne peut éviter de les traverser; car ces nuages étant mis en tension électrique par l'induction permanente de l'électricité négative du sol, s'en rapprochent sous son attraction, d'autant plus près, que leur potentiel destructif, par la foudre, est plus redoutable aux dirigeables.

Nota. — J'exposerai, dans une prochaine Note, les lois de la circulation relative de l'air dans les cyclones et les typhons, telles qu'elles ressortent de cette nouvelle conception de la cause et de l'origine de ces tourbillons atmosphériques à dépression centrale.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Autoxydation et action antioxygène. Propriétés catalytiques de l'iode et de ses composés : généralisation du phénomène* (VII). Note de MM. **Charles Moureu** et **Charles Dufraisse**.

Dans une précédente Note [1], nous avons exposé une théorie générale de la catalyse d'autoxydation par des corps susceptibles de s'oxyder facilement, dans des conditions déterminées, en donnant des peroxydes. Cette théorie s'appliquait également bien aux deux catalyses inverses (positive et négative), entre lesquelles elle établissait ainsi une étroite parenté. Rappelons, en particulier, qu'en ce qui concerne la catalyse négative (action antioxygène), nous admettions la destruction mutuelle de deux peroxydes : peroxyde du corps autoxydable et peroxyde du corps antioxygène, le système formé par le corps autoxydable, l'oxygène et le corps antioxygène, se trouvant constamment ramené à l'état initial. Pour expliquer, par un exemple concret, notre manière de concevoir le phénomène, nous avions choisi comme type de corps facilement peroxydables l'iode et les iodures, et comme réaction de destruction mutuelle de peroxydes la décomposition catalytique de l'eau oxygénée.

Un grand nombre de corps simples et de corps composés sont de même facilement peroxydables, et c'est dans les directions les plus variées que furent poursuivies nos investigations. Il nous apparut qu'à l'appui de notre théorie il serait particulièrement démonstratif d'apporter d'abord des expériences effectuées précisément sur les corps qui avaient si bien convenu pour

[1] *Sur l'autoxydation : essai sur le mécanisme de l'action antioxygène* (V) (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 624).

l'illustrer, et nous présentâmes, parmi les faits que nous possédions déjà, un ensemble homogène, qui concernait les propriétés catalytiques de l'iode et de ses composés sur l'autoxydation de l'acroléine ([1]). Nous reprenons aujourd'hui la série de nos publications. La présente Note a pour objet d'établir la généralité du phénomène dans le cas de l'iode et de ses composés.

Ces nouvelles expériences, exécutées suivant notre technique antérieurement décrite, concernent, comme corps autoxydables : 1° une série d'aldéhydes de constitutions diverses : aldéhydes acétique, butyrique (normal), isobutyrique, isovalérique, œnanthylique, benzoïque, phénylacétique, hydrocinnamique, cinnamique, furylique (furfurol); 2° un hydrocarbure : le styrolène; 3° un hydrocarbure halogéné : l'α-bromostyrolène $C^6H^5CBr = CH^2$; 4° un sel minéral : le sulfite de soude; 5° un produit naturel : l'huile de lin.

Les catalyseurs sur lesquels nous avons le plus souvent expérimenté sont l'iode libre, l'iodure de sodium, l'iodure ferreux, l'iodure de nickel, l'iodhydrate de méthylamine, l'iodoforme. Ils ont tous été opposés aux divers corps autoxydables indiqués ci-dessus à la dose d'un millième. Dans quelques cas, des essais ont en outre été exécutés avec d'autres doses, et aussi avec d'autres catalyseurs : acide iodique; iodures de potassium, de lithium, d'argent, de calcium, de magnésium, de zinc, de mercure (au maximum), d'ammonium; iodhydrates de diméthylamine, de triméthylamine; iodométhylate-α de spartéine; tétraiodure de carbone, iodure d'acétylène, iodosobenzène, iodylobenzène. On a toujours opéré à la lumière artificielle (lampe à incandescence, en chambre noire).

Comme on peut s'en rendre compte, ces recherches représentent un travail considérable. Chaque expérience effectuée sur un corps autoxydable déterminé, avec un catalyseur déterminé, agissant à une dose déterminée, n'exige pas moins de vingt mesures (niveau du mercure dans notre tube barométrique après des temps divers). Aussi n'avons-nous pas pu multiplier indéfiniment les essais. Nous estimons toutefois que nos observations sont assez nombreuses et assez variées pour qu'il soit possible d'en tirer des conclusions offrant un réel caractère de généralité.

ALDÉHYDES. — L'ensemble de nos résultats rappelle de tous points ceux que nous avons trouvés dans le cas de l'acroléine, réserve faite de l'action

---

([1]) *Autoxydation et action antioxygène. Propriétés catalytiques de l'iode et de ses composés. Cas de l'acroléine* (VI) (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 797).

chimique propre que peut exercer le catalyseur sur le corps autoxydable (combinaison, polymérisation; l'iode libre par exemple, polymérise plus ou moins rapidement certains aldéhydes, tel l'aldéhyde isobutyrique). Nous parlerons d'abord de l'aldéhyde benzoïque, qui a retenu longuement notre attention.

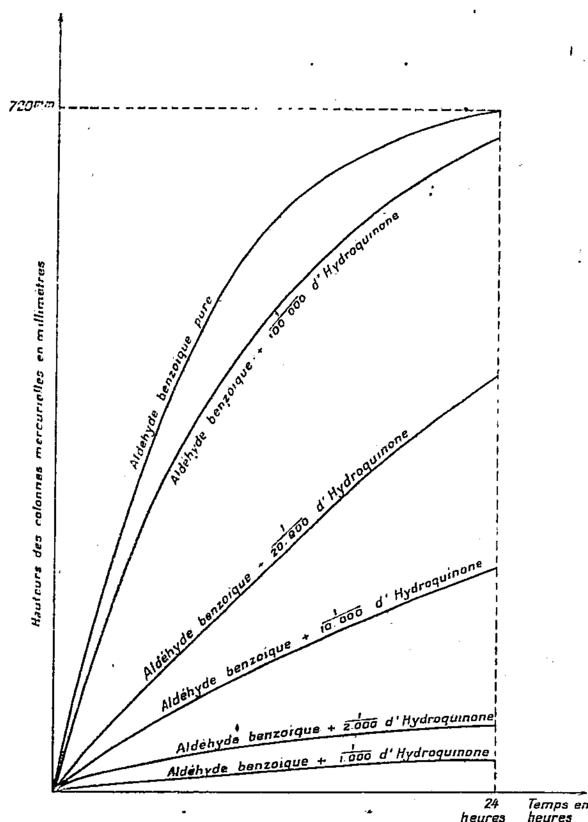


Fig. 1. — Courbes d'ascension des colonnes mercurielles pendant l'oxydation en présence d'hydroquinone.

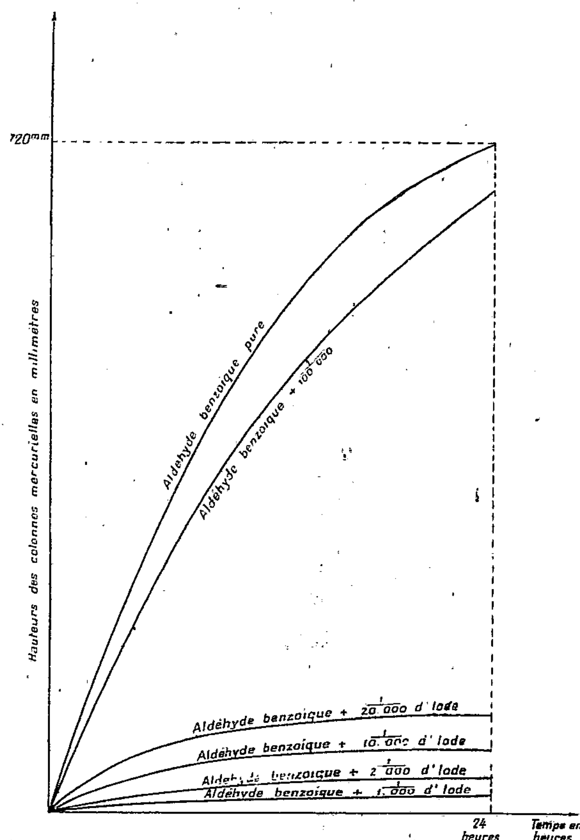


Fig. 2. — Courbes d'ascension des colonnes mercurielles pendant l'oxydation, en présence d'iode.

Aldéhyde benzoïque. — Sauf l'iodosobenzène et l'iodylobenzène, tous les catalyseurs mentionnés plus haut ont été opposés à cet aldéhyde. Comme avec l'acroléine, ils se sont montrés retardateurs de l'autoxydation (antioxygènes); mais, et c'est là une différence essentielle, on n'a pas observé ici la phase d'accélération qui, pour l'acroléine, suivait la phase de retardement.

Autre différence, l'iode libre est pour l'aldéhyde benzoïque un antioxygène remarquablement puissant et persistant : l'*aldéhyde benzoïque ne*

s'autoxyde pas d'une manière appréciable, même en présence d'une atmosphère d'oxygène pur, si l'on y a dissous un millième de son poids d'iode. L'iode, sous ce rapport, produit donc le même effet que l'hydroquinone. L'analogie se poursuit d'ailleurs aux grandes dilutions, quand la vitesse d'oxydation commence à devenir appréciable : l'absorption de l'oxygène prend la même allure ralentie que dans le cas des phénols.

Un autre composé très actif est l'iodhydrate de méthylamine, qui produit déjà des effets retardateurs à des doses inférieures au cent-millième. Sont peu actifs, comme vis-à-vis de l'acroléine, l'iodure d'argent et l'iodure mercurique. L'acide iodique produit un léger effet retardateur, qui n'avait pas été observé dans le cas de l'acroléine ; peut-être cette action, en raison de la grande activité de l'iode libre, est-elle due à des traces de métalloïde que libérerait la réduction de l'acide iodique par l'aldéhyde. L'iodure d'acétylène est également peu actif. Par contre, l'iodoforme et le tétraiodure de carbone sont très actifs : à la dose d'un millième, ils ont empêché toute autoxydation pendant les vingt jours qu'ont duré les observations.

Aldéhydes divers. — Très analogue à celui de l'aldéhyde benzoïque est le cas du *furfurol.* C'est ainsi que l'iode en a empêché l'autoxydation, à la dose du millième, pendant plus d'un mois (durée de l'observation) ; toutefois, contrairement à ce qui se passe quand on a employé comme catalyseur l'hydroquinone, une forte coloration brune (plus intense que celle de l'échantillon témoin) apparaît, qui doit provenir de quelque réaction secondaire, n'intéressant d'ailleurs qu'une très faible fraction du produit. Les iodures et iodhydrates empêchent également l'autoxydation du furfurol, mais sans qu'il y ait coloration notable (le produit se colore moins que l'échantillon témoin). Avec l'iodoforme et l'iodométhylate-α de spartéine, la coloration produite est très faible. L'iodosobenzène et l'iodylobenzène se sont montrés légèrement accélérateurs.

Vis-à-vis de l'*aldéhyde phénylacétique*, à la dose du millième, l'iode est un antioxygène assez actif ; l'iodure de sodium l'est aussi, mais beaucoup moins, tandis que l'iodoforme et l'iodhydrate de méthylamine sont nettement accélérateurs. A la même dose, l'iodure ferreux et surtout l'iodure de nickel se sont montrés d'abord retardateurs, puis nettement accélérateurs. Ajoutons que les observations ne peuvent pas être ici de longue durée, attendu que l'aldéhyde phénylacétique se polymérise peu à peu en présence de ces réactifs.

Des observations semblables ont été faites sur les autres aldéhydes mentionnés plus haut. Le cadre de cette Note ne nous permettant pas d'en

donner le détail, nous nous bornerons à indiquer que l'iode s'est généralement comporté comme un antioxygène aussi actif que l'hydroquinone. Dans le cas de l'acétaldéhyde, qui a dû être étudié en solution aqueuse (à 50 pour 100), en raison de la forte tension de vapeur du corps pur, l'iode s'est montré accélérateur, tout au moins au début, tandis que l'iodure de sodium s'est montré retardateur aussi énergique que l'hydroquinone.

On peut dire, en résumé, que l'iode est un antioxygène très actif vis-à-vis des aldéhydes, et que ses composés, qui de même sont généralement retardateurs, et parfois très actifs, de l'autoxydation, se comportent quelquefois (rarement, il est vrai), comme accélérateurs.

Styrolène. — Ici, avec chaque catalyseur, la catalyse observée a été constamment positive, et cela sans qu'elle ait été précédée, comme pour l'acroléine, d'une phase négative. Chose curieuse, mais nullement inattendue d'après notre théorie, les corps les plus actifs, dans cette catalyse positive de l'autoxydation, sont précisément ceux qui, dans d'autres cas, manifestent la plus grande activité comme catalyseurs négatifs. Il est à remarquer, en outre, que la polymérisation (transformation en métastyrolène) est accélérée en même temps que l'autoxydation.

Les iodures de potassium, de sodium, de lithium, de magnésium, de zinc, de fer, d'ammonium, les iodhydrates de méthylamine, de diméthylamine, de triméthylamine, l'iodoforme, ont été mis en œuvre à la dose du millième; pour quelques-uns de ces catalyseurs, en outre, on a fait des essais à la dose du centième.

Avec l'iode, on a expérimenté sur des doses allant du centième au dix-millième; la vitesse d'oxydation a été décuplée pour la dose du centième, triplée pour le millième, doublée pour le deux-millième; l'accélération était encore manifeste, quoique faible, pour le dix-millième.

Une remarque importante est que l'iode dissous dans le styrolène disparaît rapidement (décoloration) en présence d'oxygène, alors qu'en l'absence d'oxygène la liqueur reste colorée. Il ne s'agit donc pas d'une fixation pure et simple, comme on pourrait le supposer, du métalloïde sur l'hydrocarbure éthylénique : il se fait manifestement une combinaison entre l'iode, l'oxygène et le styrolène; et comme l'action catalytique persiste après la disparition de l'iode libre, il semble que ce soit cette combinaison qui joue le rôle de catalyseur positif. Aussi ne nous est-il pas possible de savoir, abstraction faite de la combinaison ci-dessus, si l'iode libre a un effet retardateur. Cet effet ne se révèle sur nos courbes par aucune perturbation appréciable, et, s'il existe, il ne peut être que très faible.

Avec les composés iodés, une coloration apparaît toujours, qui disparaît également sous l'action de l'oxygène. Ce phénomène est particulièrement facile à observer avec les catalyseurs peu solubles : la couche liquide qui baigne la masse solide est teintée en jaune, ce qui semble correspondre à une libération d'iode, tandis que les couches supérieures, en contact avec l'oxygène, restent incolores, ou se décolorent si on les a teintées en les mélangeant par agitation avec les couches inférieures colorées. Il est ainsi possible que l'action catalytique observée avec les composés iodés ne soit autre que celle de l'iode libre lui-même.

Styrolène α-bromé. — L'iode au millième a une action retardatrice notable. C'est ainsi que la quantité d'oxygène qui est absorbée en trois heures par un échantillon témoin ne l'est qu'en quatre jours en présence d'un millième d'iode. On observe une forte coloration brune.

L'iodure ferreux et l'iodoforme sont nettement retardateurs à la dose du millième, tandis qu'à la même dose l'iodure de sodium et l'iodhydrate de méthylamine sont nettement accélérateurs.

Sulfite de soude. — Avec la solution aqueuse au dixième, légèrement alcaline ou neutralisée, on a observé, pour les divers catalyseurs, des actions généralement accélératrices. Toutefois l'iodoforme s'est montré nettement retardateur sur la solution légèrement alcaline et accélérateur sur la solution neutre. L'inverse a été constaté avec l'iodure de sodium et l'iodhydrate de méthylamine, qui agissent comme accélérateurs sur la solution alcaline et comme retardateurs sur la solution neutre.

Quant à l'iode, il est accélérateur. On observe naturellement une décoloration immédiate, et c'est le produit de la réaction qui agit.

Huile de lin. — Nos résultats, dont nous ne donnerons pas les détails, sont analogues à ceux que nous avons obtenus avec le styrolène, ce qui est en accord avec la présence de liaisons éthyléniques dans le produit naturel. C'est ainsi que l'iode s'est montré fortement accélérateur. A noter toutefois que l'iodure de sodium et l'iodhydrate de méthylamine ont été légèrement retardateurs.

En résumé, conformément à nos prévisions, et comme nous l'avions d'ailleurs partiellement établi dans notre précédente Note, l'iode et ses composés exercent des actions catalytiques très importantes, positives ou négatives, dans les phénomènes d'autoxydation [1]. Toutes les observations

---

(1) Nous rappelons que dans notre précédente Note nous avons présenté des considérations sur l'importance que devaient avoir l'iode et ses composés sur les phéno-

viennent se ranger dans le cadre de notre théorie, à laquelle elles apportent ainsi un nouvel et précieux appui. Cependant nous ne saurions nous dissimuler qu'un pas décisif reste à franchir : prévoir le sens de la catalyse comme nous en prévoyons la possibilité. Dans cet ordre d'idées, deux faits précis sont à remarquer : avec un aldéhyde, l'aldéhyde benzoïque, nous n'avons observé que des actions retardatrices, tandis qu'avec le styrolène, hydrocarbure éthylénique, toutes les actions étaient accélératrices. Un tel rapprochement, fort suggestif, est de nature à guider nos réflexions. Le cas de l'acroléine, de ce point de vue, est bien curieux : en étudiant cette substance, qui réunit les fonctions caractéristiques (aldéhydique et éthylénique) des deux composés ci-dessus, nous avons précisément constaté la succession des deux actions inverses : d'abord l'action retardatrice, puis l'action accélératrice.

Des observations aussi nettes nous donnent l'espoir de voir tomber quelque jour les derniers voiles qui recouvrent encore le mécanisme profond de ces phénomènes.

COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des commissions de prix de 1924, ouvert en la séance du 25 février, est clos en celle du 3 mars.

47 cahiers de vote sont déposés.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

I. Mathématiques : *Prix Poncelet, Francœur.* — MM. Appell, Painlevé, Hadamard, Goursat, Borel, Lebesgue; Boussinesq, Émile Picard, Lecornu.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Hamy, Kœnigs.

II. Mécanique. — *Prix Montyon, Fourneyron, Boileau, de Parville.* — MM. Boussinesq, Sebert, Vieille, Lecornu, Kœnigs, Mesnager; Émile Picard, Appell, Bertin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Rateau, Breton.

---

mènes biologiques. Notre opinion était basée non seulement sur les expériences relatives à l'acroléine, mais aussi sur un grand nombre de celles qui font l'objet de la présente Communication et qui déjà étaient exécutées : la nouvelle publication n'apporte donc pas de modifications aux conceptions que nous avions exposées.

III. Astronomie : *Prix Lalande, Benjamin Valz, Janssen, Pierre Guzman, La Caille.* — MM. Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer; Boussinesq, Émile Picard, Appell.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Lebesgue, Cotton.

IV. Géographie : *Prix Delalande-Guérineau, Gay, fondation Tchihatchef, prix Binoux.* — MM. Bertin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Ferrié, Gentil; Guignard, le prince Bonaparte, Douvillé.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Mangin, Lecomte.

V. Navigation : *Prix de six mille francs, Plumey.* — MM. Boussinesq, Sebert, Bertin, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Kœnigs, Mesnager, Ferrié, Gentil; Emile Picard, Rateau, Laubeuf.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Appell, Borel.

VI. Physique : *Prix La Caze, Hébert, Hughes, fondation Clément Félix.* — MM. Villard, Branly, Daniel Berthelot, Brillouin, Perrin, Cotton; Boussinesq, Émile Picard, Paul Janet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Appell, Breton.

VII. Chimie : *Prix Montyon des arts insalubres, Jecker, La Caze, fondation Cahours, prix Houzeau.* — MM. Haller, Le Chatelier, Moureu, Béhal, Urbain, Gabriel Bertrand; Schlœsing, Maquenne, Lindet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Roux, A. Lacroix.

VIII. Minéralogie et Géologie : *Prix Cuvier, Fontannes, Victor Raulin.* — MM. Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, de Launay, Haug; A. Lacroix, Depéret, Kilian.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Maquenne, Gentil.

IX. Botanique : *Prix Desmazières, Montagne, de Coincy.* — MM. Guignard, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Molliard; Bouvier, le prince Bonaparte, Henneguy.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Maquenne, Flahault.

X. Anatomie et Zoologie : *Prix Da Gama Machado, fondation Savigny, prix Jean Thore.* — MM. Bouvier, Henneguy, Marchal, Joubin, Mesnil, Gravier; d'Arsonval, le prince Bonaparte, Douvillé.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Mangin, Charles Richet.

XI. Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, Mège, Bellion, Larrey, Charles Mayer.* — MM. d'Arsonval, Charles Richet,

Quénu, Widal, Bazy, Vincent; Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Mesnil.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Leclainche, Joubin.

XII. PHYSIOLOGIE : *Prix Montyon*, *La Caze*, *Pourat*, *Martin-Damourette*, *Philipeaux*. — MM. d'Arsonval, Roux, Henneguy, Mangin, Charles Richet, Quénu, Widal.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Bazy, Mesnil.

XIII. *Fonds Charles Bouchard*. — MM. d'Arsonval, Guignard, Roux, Henneguy, Mangin, Branly, Charles Richet, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil, Vincent.

XIV. *Prix Montyon de statistique*. — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, le prince Bonaparte, Tisserand, Lecomte, Borel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. d'Ocagne, Lebesgue.

XV. HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES : *Prix Binoux*. — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Bouvier, Bigourdan, de Launay, Daniel Berthelot.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Sebert, Borel.

XVI. *Médailles Arago, Lavoisier, Berthelot*. — MM. Bigourdan, Bouvier, Émile Picard, A. Lacroix.

XVII. *Prix Gustave Roux, Thorlet, fondations Lannelongue, Trémont, Gegner*, *Hirn*, *Henri Becquerel*. — MM. Bigourdan, Bouvier, Émile Picard, A. Lacroix, Appell, Guignard.

XVIII. *Prix fondé par l'État* : GRAND PRIX DES SCIENCES MATHÉMATIQUES. — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Painlevé, Lecornu, Hadamard, Goursat.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Borel, Lebesgue.

XIX. *Prix Bordin*. — MM. Guignard, Roux, Haller, Bouvier, Schlœsing, A. Lacroix, Douvillé.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Henneguy, Mangin.

XX. *Prix Lallemand*. — MM. d'Arsonval, Bouvier, Henneguy, Marchal, Richet, Joubin, Mesnil.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Widal, Gravier.

XXI. *Prix Vaillant*. — MM. Boussinesq, Émile Picard, Hamy, Villard, Branly, Berthelot, Borel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Appell, Lebesgue.

XXII. *Prix Houllevigue.* — MM. Guignard, Roux, Bouvier, A. Lacroix, Termier, Lecomte, Joubin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. d'Arsonval, Mesnil.

XXIII. *Prix Jean-Jacques Berger.* — MM. Émile Picard, d'Arsonval, Roux, A. Lacroix, Tisserand, Lecomte, Kœnigs.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Appell, Breton.

XXIV. *Prix Parkin.* — MM. d'Arsonval, Roux, Maquenne, Moureu, Richet, Quénu, Bertrand.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Guignard, Vincent.

XXV. *Prix Saintour.* — MM. Guignard, Roux, Bouvier, A. Lacroix, Termier, Marchal, Mesnil.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. d'Arsonval, Mangin.

XXVI. *Prix Henri de Parville* (*ouvrages de sciences*). — MM. Bigourdan, Bouvier, Émile Picard, A. Lacroix, Appell, Moureu, Janet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Cotton, Le Chatelier, Breton.

XXVII. *Prix Lonchampt.* — MM. Guignard, Roux, A. Lacroix, Maquenne, Mangin, Charles Richet, Leclainche.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Marchal, Gabriel Bertrand.

XXVIII. *Prix Henry Wilde.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Guignard, A. Lacroix, Bigourdan, Kœnigs, Borel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Breton, Brillouin.

XXIX. *Prix Caméré.* — MM. Vieille, Le Chatelier, Lecornu, Kœnigs, Rateau, Mesnager, d'Ocagne.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. A. Lacroix, Breton.

XXX. *Fondation Jérôme Ponti.* — MM. d'Arsonval, Guignard, Bouvier, A. Lacroix, Maquenne, le prince Bonaparte, Le Chatelier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Henneguy, Breton.

XXXI. Question à proposer pour le *Prix Bordin* (*sciences mathématiques*) à décerner en 1927. — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Bigourdan, Lecornu, Kœnigs, Borel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Hadamard, Lebesgue.

CORRESPONDANCE.

M. **Charles Achard** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, parmi les Académiciens libres, par le décès de M. *A. de Gramont*.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur la représentation géodésique affine des surfaces*. Note de M. **G. Tzitzéica**, présentée par M. E. Goursat.

M. Cartan a posé dernièrement le problème suivant [1] : *Trouver les surfaces qui admettent une représentation géodésique affine sur un plan*, les géodésiques affines étant les courbes dont le plan osculateur contient la normale affine de la surface. Il a montré que ces surfaces se partagent en quatre catégories.

On peut étudier ce problème par une méthode que j'ai souvent employée et qui, dans le cas actuel, permet de compléter sur plusieurs points la solution de M. Cartan.

1. Considérons une surface S rapportée à ses lignes asymptotiques. On peut la définir, à une affinité près, par un système de la forme

$$(1)\qquad \theta_{uu}=a\theta_u+b\theta_v,\qquad \theta_{vv}=a''\theta_u+b''\theta_v,$$

où a, b, a'', b'' sont des fonctions connues de u et v, θ la fonction inconnue et où j'ai noté par des indices les dérivées partielles du premier et du second ordre.

La surface S étant supposée différente d'un plan, on a

$$(2)\qquad |x_{uv}x_ux_v|\neq 0,$$

où, pour simplifier, j'ai réduit le déterminant à la première ligne, les autres s'en déduisant en remplaçant x par y et z.

Comme les paramètres directeurs de la normale affine sont x_{uv}, y_{uv}, z_{uv}, l'équation différentielle des géodésiques affines est

$$|x_{uv}x'x''|=0,$$

où

$$x'=x_u+x_vv',\qquad x''=x_{uu}+2x_{uv}v'+x_{vv}v'^2+x_vv'',$$

---

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 294.

où, en tenant compte de (1) et (2)

(3) $$v'' + b - av' + b''v'^2 - a''v'^3 = 0.$$

Cette équation permet d'énoncer le résultat suivant : *Deux surfaces admettent une représentation affine l'une sur l'autre avec conservation des lignes asymptotiques, seulement dans le cas où elles sont affines.*

2. Soit (u, v) le réseau plan, qui correspond aux lignes asymptotiques de la surface S, dans la représentation géodésique affine de celle-ci sur un plan. Les coordonnées x, y, z d'un point du plan vérifient un système de la forme

(4) $$\begin{cases} \omega_{uu} = \alpha\omega_u + \beta\omega_v, \\ \omega_{uv} = \alpha'\omega_u + \beta'\omega_v, \\ \omega_{vv} = \alpha''\omega_u + \beta''\omega_v. \end{cases}$$

L'équation différentielle des droites du plan est

$$|xx'x''| = 0,$$

ou bien

(5) $$v'' + \beta - (\alpha - 2\beta')v' + (\beta'' - 2\alpha')v'^2 - \alpha''v'^3 = 0.$$

Il y a donc correspondance entre les géodésiques affines de S et les droites du plan si

(6) $$\beta = b, \qquad \alpha - 2\beta' = a, \qquad \beta'' - 2\alpha' = b'', \qquad \alpha'' = a''.$$

Il est aisé de tirer des conditions d'intégrabilité des systèmes (1) et (4) et des relations (6)

$$\alpha'_u = \beta'_v,$$

c'est-à-dire *le réseau plan qui correspond aux lignes asymptotiques de* S *est à invariants égaux.*

3. On peut déduire des conditions d'intégrabilité et des relations (6) les conditions nécessaires et suffisantes pour que les surfaces affines S, définies par (1), admettent une représentation géodésique affine sur un plan. Ce sont :

$$b''_{uu} = ab''_u - 2ba''_u - a''b_u, \qquad a_{vv} = b''a_v - 2a''b_v - ba''_v,$$
$$b_{vv} + (bb'')_v = 0; \qquad a''_u + (aa'')_u = 0, \qquad a_v = b''_u;$$

on en tire

$$b_v + bb'' = \mathrm{U}, \qquad a''_u + aa''\,\mathrm{V},$$

où les fonctions U de u, V de v sont, ou bien nulles, ou on peut les réduire, par des changements de variables, à 1. On a donc essentiellement trois cas

à considérer :

1° $b_v + bb'' = 0, \quad a''_u + aa'' = 0;$

2° $b_v + bb'' = 0, \quad a''_u + aa'' = 1;$

3° $b_v + bb'' = 1, \quad a''_u + aa'' = 1.$

Dans le premier cas, on a seulement les sphères affines (réglées ou non) que M. Cartan attribue à M. Blaschke, mais que j'ai étudiées, à plusieurs points de vue, longtemps avant M. Blaschke. Comme leur détermination dépend d'une équation aux dérivées partielles que l'on ne peut pas intégrer, j'ai mis en évidence des surfaces particulières, spécialement la surface $xyz = 1$ et les surfaces réglées, et j'ai donné le moyen de déduire de toute sphère affine une infinité d'autres. J'ai aussi montré que la perspective des lignes asymptotiques d'une de ces surfaces sur un plan est un réseau à invariants égaux dont la suite de Laplace est périodique, à savoir, elle se ferme après trois transformations de Laplace.

Dans le second cas, il y a d'abord pour $b = 0$ certaines surfaces réglées que l'on peut étudier complètement. Si $b \neq 0$, on a seulement les surfaces

$$x = e^{\alpha^2 u + \alpha v}, \qquad y = e^{\beta^2 u + \beta v}, \qquad z = e^{\gamma^2 u + \gamma v}$$

α, β, γ étant les racines de $s^3 - s - m = 0$, où m est une constante arbitraire $\neq 0$, ce sont des surfaces particulières de la classe

$$x^p y^q z^r = 1.$$

Il reste à étudier le dernier cas. Je n'ai pas réussi à déterminer toutes les surfaces correspondantes, mais j'ai pu ajouter aux surfaces

$$x^p y^q z^r = 1$$

qui dépendent de deux constantes arbitraires, indiquées par M. Cartan, toutes les surfaces de ce troisième cas qui ont en même temps la courbure totale affine nulle; à savoir, à toute intégrale de $h_{uv} = h$, on peut faire correspondre, par des quadratures, une de ces surfaces. On a en particulier les surfaces

$$x^p y^q = e^z,$$

qui dépendent, comme celles de M. Cartan, de deux constantes arbitraires.

D'ailleurs toutes les surfaces S, des trois cas, jouissent de la propriété d'avoir entre leurs rayons principaux de courbure affine une relation; ce sont donc des surfaces de Weingarten affines.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les polygones de Poncelet*. Note de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. G. Kœnigs.

Soient deux coniques C_0, C_1 et λ_1, λ_2, λ_3 les racines de l'équation en λ relative au faisceau $C_0 - \lambda C_1 = 0$. La condition pour qu'il existe ∞^1 polygones P_n inscrits dans C_0 et circonscrits à C_1 peut se traduire par une équation

$$(1) \qquad f_n(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) = 0,$$

algébrique, entière et homogène en λ_1, λ_2, λ_3.

J'ai obtenu ce résultat curieux que l'équation

$$(2) \qquad f_n\left[\frac{1}{(\lambda_2+\lambda_3-\lambda_1)^2}, \frac{1}{(\lambda_3+\lambda_1-\lambda_2)^2}, \frac{1}{(\lambda_1+\lambda_2-\lambda_3)^2}\right] = 0$$

est la condition d'existence de polygones P_{2n} inscrits dans C_0 et circonscrits à C_1 : d'une façon précise, l'équation (2), rendue entière et débarrassée du facteur parasite $f_n(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$, correspondant à un P_n parcouru deux fois, donne la condition relative aux P_{2n}.

Si n est impair, $f_n(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$ est nécessairement symétrique en λ_1, λ_2, λ_3; l'équation (2), rendue entière, se décompose rationnellement en quatre facteurs dont l'un reproduit $f_n(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$; les trois autres dérivent l'un de l'autre par permutations circulaires. On sait en effet que dans un P_{2n} les droites joignant les sommets opposés concourent en un des sommets du triangle conjugué commun à C_0 et C_1 et chaque facteur correspond au choix du sommet.

Exemple. — Le triangle P_3 donne

$$f_3(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) \equiv \lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2 - 2\lambda_2\lambda_3 - 2\lambda_3\lambda_1 - 2\lambda_1\lambda_2 = 0,$$

et le procédé fournit immédiatement en posant

$$l = \frac{1}{\lambda_2+\lambda_3-\lambda_1}, \quad m = \frac{1}{\lambda_3+\lambda_1-\lambda_2}, \quad n = \frac{1}{\lambda_1+\lambda_2-\lambda_3},$$
$$f_3(l^2, m^2, n^2) \equiv -(l+m+n)(-l+m+n)(l-m+n)(l+m-n),$$

et chacun des trois derniers facteurs correspond aux P_6, tandis que le premier reproduit les P_3.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur un problème de probabilités.* Note de M. **J. Haag**, présentée par M. Émile Borel.

1. J. Bertrand a étudié un problème de brelans dont il me paraît intéressant d'indiquer la généralisation suivante.

Considérons un ensemble de n événements $E_1, E_2, \ldots, E_n$ se produisant simultanément ou successivement et dont chacun peut être favorable ou défavorable. Choisissons $m = p + q$ d'entre eux, dans un ordre arbitraire. Appelons z_p^q la *probabilité pour que les p premiers soient favorables et que les q suivants défavorables.* Nous supposons cette probabilité *indépendante de l'ordre* dans lequel ont été choisis les événements. Mais, nous admettons que *si l'on sait* que l'éventualité ci-dessus considérée s'est produite, la probabilité d'une éventualité analogue concernant m' des événements restants *peut être modifiée*, tout en demeurant indépendante de l'ordre dans lequel on les choisit.

Nous appellerons, en particulier, x_p la probabilité z_p^0 pour que p événements arbitrairement désignés soient favorables, y_p la probabilité z_0^p pour qu'ils soient défavorables, et enfin t_p la probabilité z_p^{n-p} pour qu'ils soient seuls à être favorables.

2. La probabilité pour que les événements numérotés $1, 2, \ldots p, p+q+1$ soient favorables et que les événements numérotés $p+1, p+2, \ldots, p+q$ soient défavorables est z_{p+1}^q. Mais elle est aussi égale à z_p^q multiplié par la probabilité x pour que E_{p+q+1} soit favorable, quand on sait que les p premiers événements sont favorables et les q suivants défavorables. De même, la probabilité z_p^{q+1} pour que les p premiers événements soient favorables et les $q+1$ suivants défavorables est égale à $z_p^q(1-x)$. En éliminant x entre ces deux relations, il vient

$$z_{p+1}^q + z_p^{q+1} = z_p^q. \tag{1}$$

D'où l'on déduit, en désignant par a un nombre fixe quelconque,

$$z_p^q = (-1)^{q-a}\Delta^{q-a} z_p^a = (-1)^{p-a}\Delta^{p-a} z_a^q. \tag{2}$$

En appliquant une formule classique de la théorie des différences, on a

ensuite

$$(3)\qquad z_p^q = \sum_{k=0}^{q-a} (-1)^k C_{q-a}^k z_{p+k}^a = \sum_{k=0}^{p-a} (-1)^k C_{p-a}^k z_a^{q+k},$$

et, en particulier pour $a = 0$,

$$(4)\qquad z_p^q = \sum_{k=0}^{q} (-1)^k C_q^k x_{p+k} = \sum_{k=0}^{p} (-1)^k C_p^k y_{q+k}.$$

On a enfin, d'après le théorème des probabilités totales [1],

$$(5)\qquad z_p^q = \sum_{k=0}^{n-m} C_{n-m}^k t_{p+k},$$

et, en particulier,

$$(6)\qquad x_p = \sum_{n=0}^{n-p} C_{n-p}^k t_{p+k}, \qquad y_p = \sum_{k=0}^{n-p} C_{n-p}^k t_k,$$

$$(7)\qquad 1 = \sum_{k=0}^{n} C_n^k t_k.$$

3. On peut se demander quelle est la manière la plus générale de choisir la *loi de probabilité* des événements E. Cette loi serait évidemment déterminée par la connaissance des x_p ou des y_p. Mais ces nombres doivent satisfaire à des conditions assez compliquées, du fait qu'ils doivent rendre positifs tous les z_p^q définis par les formules (4).

Un autre procédé consiste à se *donner arbitrairement les* t_p, positifs et vérifiant (7), ce qui ne présente aucune difficulté. On a ensuite les z_p^q par (5) et ils sont tous positifs. Il ne semble donc pas qu'aucune condition doive être imposée aux t_p et ceci revient à dire qu'on peut choisir arbitrairement les probabilités correspondant aux différentes combinaisons d'événements favorables et d'événements défavorables, pourvu que la probabilité totale soit égale à 1.

4. Pour retrouver le problème des brelans, il suffit de faire $n = 4$ et de

---

[1] La formule (5) est facile à vérifier directement, à partir des formules (4), écrites au moyen des puissances symboliques. Son second membre s'écrit, en effet,

$$\sum_{k=0}^{n-m} C_{n-m}^k x^{p+k}(1-x)^{n-p-k} = x^p(1-x)^q \sum C_{n-m}^k x^k (1-x)^{n-m-k} = x^p(1-x)^q = z_p^q.$$

calculer les x_k par la formule de récurrence

$$x_{k+1} = x_k \frac{8(5-k)}{(20-3k)(19-3k)(6-k)}.$$

Nos x_k, t_k, $\frac{z_1^{k-1}}{y_{k-1}}$ et $y_4 = t_0$ sont respectivement les p_k, ϖ_k, R_k et Q de J. Bertrand [1].

ÉLASTICITÉ. — *Le potentiel interne des corps élastiques.* Note de M. E. **Jouguet**, présentée par M. L. Lecornu.

Dans une Note, parue dans les *Comptes rendus* du 21 janvier 1924 sous le titre *Sur l'énergie interne d'un corps élastique*, M. Collinet critique la forme donnée par Poincaré pour le potentiel interne des corps élastiques faiblement déformés.

Je considère, au contraire, que cette forme est, non seulement exacte, mais encore indispensable à considérer quand on veut étudier les petites déformations autour d'un état initial dont les tensions sont fortes, notamment quand on veut faire rentrer l'étude des petites déformations d'un milieu gazeux dans la théorie de l'élasticité. C'est d'ailleurs explicitement en vue de ce cas que Poincaré a donné sa formule.

Adoptons ici les notations de M. Collinet et désignons avec lui par x, y, z les coordonnées du milieu non déformé, par x_1, y_1, z_1 celles du milieu déformé, par ξ, η, ζ les déplacements, par Δ le jacobien $\frac{D(x_1, y_1, z_1)}{D(x, y, z)}$, par W le potentiel interne rapporté à l'unité de volume non déformé, par α, β les fonctions associées à une déformation finie quelconque, par Π_{uv} l'expression $\frac{\partial\xi}{\partial u}\frac{\partial\xi}{\partial v} + \frac{\partial\eta}{\partial u}\frac{\partial\eta}{\partial v} + \frac{\partial\zeta}{\partial u}\frac{\partial\zeta}{\partial v}$. Désignons, en outre, par e, g les dilatations et les glissements de Cauchy. On a

$$\alpha_1 = e_1 + \frac{1}{2}\Pi_{xx}, \qquad \beta_1 = g_1 + \Pi_{yz}.$$

Le potentiel de Poincaré est

$$\text{(1)} \qquad W = W_1(e, g) + W_2(e, g) + W_1\left(\frac{1}{2}\Pi_{uu}, \Pi_{uv}\right),$$

W_1 est une forme linéaire, W_2 une forme quadratique.

(1) Les valeurs de R_k et de Q calculées par l'illustre géomètre sont inexactes, parce qu'il a raisonné comme si les probabilités étaient indépendantes.

Ce potentiel ne dépend pas exclusivement des e, g et Poincaré a présenté, à propos de cette circonstance, des considérations qui, il faut l'avouer, sont obscures, mais qui sont sans importance pour le fond des choses. En réalité, il n'y a là aucun paradoxe. Il est nécessaire de conserver dans W les termes du second ordre par rapport aux dérivées partielles de ξ, η, ζ. Or, à ce degré d'approximation, la déformation n'est pas définie par les seules quantités e, g. Il est donc tout naturel que le potentiel contienne autre chose que les e, g.

La lumière sur ce point a été faite d'ailleurs complètement par les travaux de MM. E. et F. Cosserat. Ces auteurs, considérant les déformations finies et un potentiel *dépendant de la seule déformation*, ont montré que, quand les déformations deviennent infiniment petites, le potentiel prend précisément la forme de Poincaré.

M. Collinet pense que le terme $W_1\left(\frac{1}{2}\Pi_{uu}, \Pi_{uv}\right)$ est négligeable vis-à-vis de W_2. Cette affirmation, exacte quand l'état initial est un état naturel à tensions nulles ou quasi naturel à tensions petites, cesse de l'être quand l'état initial est notablement contraint. Il est vrai que les contraintes nécessaires pour que $W_1(\Pi)$ prenne une valeur sensible sont, pour les solides élastiques, très fortes et tout à fait exceptionnelles. Mais il n'en est pas de même pour les gaz. Le potentiel d'un gaz, à température constante, est fonction de la seule densité ρ. Un calcul que l'on trouvera dans un Mémoire publié par nous dans les *Annales de la Faculté de Toulouse* montre que, pour des déformations infiniment petites autour d'un état de densité ρ_0 et de pression p_0, ce potentiel prend la forme

$$W = -p_0(e_1+e_2+e_3) + p_0\left[e_1^2+e_2^2+e_3^2+\frac{g_1^2+g_2^2+g_3^2}{2}\right] + \frac{1}{2}\left(\rho\frac{\partial p}{\partial \rho}-p\right)_0 (e_1+e_2+e_3)^2 - \frac{p_0}{2}(\Pi_{xx}+\Pi_{yy}+\Pi_{zz})$$

où l'on voit bien que $W_1(\Pi)$ n'est pas négligeable devant W_2.

Considérant les tensions N, T dans l'état déformé, M. Collinet donne les formules

$$(2)\qquad N_1 = \frac{\partial W}{\partial \frac{\partial \xi}{\partial x}}, \qquad T_1 = \frac{\partial W}{\partial \frac{\partial \zeta}{\partial y}} = \frac{\partial W}{\partial \frac{\partial \eta}{\partial z}}.$$

Ces formules, exactes quand l'état initial est naturel ou quasi naturel, cessent de l'être quand cet état est contraint dans les mêmes conditions que plus haut.

On trouvera, en effet, dans les travaux de MM. Cosserat, la formule ci-après, applicable aux déformations de toute amplitude :

$$\frac{\partial W}{\partial \frac{\partial \xi}{\partial x}} = N_1 \frac{\partial \Delta}{\partial \frac{\partial \xi}{\partial x}} + T_3 \frac{\partial \Delta}{\partial \frac{\partial \xi}{\partial y}} + T_2 \frac{\partial \Delta}{\partial \frac{\partial \xi}{\partial z}}.$$

Si nous voulons appliquer cette formule aux déformations infiniment petites, il faut distinguer le cas où l'état initial est naturel ou quasi naturel de celui où il est notablement contraint. Dans le premier cas, les N et les T sont de l'ordre de $\frac{\partial \xi}{\partial x} \cdots \frac{\partial \zeta}{\partial z}$. On pourra alors se borner à écrire

$$\Delta = 1 + \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\partial \zeta}{\partial y}$$

et l'on trouvera bien

$$\frac{\partial W}{\partial \frac{\partial \xi}{\partial x}} = N_1.$$

Dans le second cas, les N et les T contiennent un premier terme indépendant de $\frac{\partial \xi}{\partial x} \cdots \frac{\partial \zeta}{\partial z}$. Il faut alors, sous peine de négliger des termes du premier ordre par rapport à ces dérivées, développer Δ jusqu'au deuxième ordre et les formules (2) ne sont plus vraies.

Je me permettrai de rappeler que j'ai indiqué les considérations qui précèdent et étudié quelques conséquences du potentiel de Poincaré dans une Note parue ici même le 7 février 1920 et développée dans un Mémoire publié dans les *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse* (¹).

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'évolution de la molécule d'hydroxyde de nickel au sein de l'eau.* Note de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

L'évolution de l'hydroxyde de nickel au sein de l'eau a été étudiée après celle des hydroxydes ferrique, chromique et cuivrique (²).

On a vu qu'en aucun de ces cas, l'hydroxyde ne reste identique à lui-même, au point de vue magnétique. Pour le chrome et pour le cuivre, il y a abaissement des coefficients d'aimantation. Pour le fer, au contraire,

---

(¹) *Notes sur la théorie de l'Élasticité* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 3e série, t. 12, 1921).

(²) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 101 et 1304; t. 178, 1924, p. 329.

il y a augmentation très marquée; et l'hydrate modifié de Péan de Saint-Gilles donne, par calcination, un oxyde beaucoup plus magnétique que celui de l'hydrate ordinaire. L'effet s'accentue si l'on reprend plusieurs fois l'opération.

Le nickel fait partie de la même triade que le fer dans la table périodique, et l'on pouvait se demander ce que donnerait son hydroxyde, le métal étant alors sous la forme bivalente et non trivalente.

Les expériences ont été réalisées avec une technique analogue à celle qu'on avait adoptée précédemment pour l'hydroxyde ferrique. On précipitait à froid par la soude un sel de nickel, sulfate ou nitrate. Le précipité en suspension, dont on avait prélevé une partie, était laissé au sein de l'eau chaude en tubes scellés. On le recueillait après une douzaine d'heures; puis, en en ayant prélevé une partie, on redissolvait le reste dans l'acide correspondant, on reprécipitait, on traitait à nouveau en tubes scellés et l'on recommençait plusieurs fois l'opération. On passait par calcination des hydrates successifs à leurs oxydes.

On mesurait les coefficients d'aimantation, rapportés au poids de métal. Celui de l'oxyde dérivé par calcination de l'hydroxyde précipité à froid est sensiblement constant; on l'a choisi comme unité. Celui de l'hydroxyde correspondant a une valeur environ six fois plus grande. Cet abaissement du coefficient d'aimantation, quand on passe par calcination de l'hydroxyde précipité à froid à son oxyde, s'est manifesté jusqu'à présent pour tous les hydroxydes étudiés.

Pour la suite des opérations, les mesures sont relatées dans le tableau suivant :

TABLEAU.

Coefficients d'aimantation, rapportés au nickel en valeur relative. Celui de l'oxyde dérivé par calcination de l'hydroxyde précipité à froid, est pris pour unité.

	120°.				150°.			
	Sulfate.		Nitrate.		Sulfate.		Nitrate.	
	Hyd.	Ox.	Hyd.	Ox.	Hyd.	Ox.	Hyd.	Ox.
Première précipitation...	5,4	4,6	5,6	6,6	5,0	8,2	6,1	40,7
Deuxième » ...	5,3	8,1	5,6	11,0	4,8	11,6	3,4	27,7
Troisième » ...	5,7	11,2	5,1	7,3	3,5	13,6	3,3	7,7
Quatrième » ...	5,2	12,6	5,1	3,2	3,1	2,4	2,7	2,6

	180°.				210°.			
	Sulfate.		Nitrate.		Sulfate.		Nitrate.	
	Hyd.	Ox.	Hyd.	Ox.	Hyd.	Ox.	Hyd.	Ox.
Première précipitation...	5,0	32,0	4,8	34,2	3,9	33,9	4,3	41,3
Deuxième » ...	4,7	25,4	4,2	28,8	2,5	18,9	4,2	20,9
Troisième » ...	3,9	5,8	3,5	14,4	2,8	2,5	3,6	13,0
Quatrième » ...	3,7	3,5	3,2	3,5	2,2	2,1	3,2	2,2

Au cours de ces opérations, le coefficient d'aimantation des hydroxydes successifs s'abaisse progressivement à partir de l'hydroxyde obtenu à froid, pour lequel sa valeur relative est, nous l'avons vu, environ 6.

Il n'en est pas de même des oxydes correspondants. Leur coefficient d'aimantation commence par augmenter notablement, puis décroît. Cette évolution, qui peut nécessiter un certain nombre d'opérations à 120°, s'accélère lorsqu'on élève la température; il est alors possible qu'une seule opération suffise pour atteindre la valeur maxima de la suite, qui peut être de l'ordre de 40.

La matière se souvient ici curieusement de son histoire passée. Cet exemple est le premier où l'évolution de l'oxyde, très marquée d'ailleurs, n'a pas toujours lieu dans le même sens.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Absorption des rayons ultraviolets par l'acroléine.* Note de M. **Victor Henri**, présentée par M. Ch. Moureu.

Les recherches de MM. Ch. Moureu et Dufraisse sur l'autoxydation et les antioxygènes ont montré que certaines des transformations subies par l'acroléine (autoxydation, transformation en disacryle, etc.) sont fortement accélérées par la lumière. La connaissance du spectre d'absorption de l'acroléine acquiert ainsi un intérêt tout particulier, d'autant plus que par l'étude de ce spectre on pourra suivre les transformations subies par l'acroléine.

Nous avons mesuré avec Mlle Honnegger et M. Marton l'absorption des rayons infrarouges, et avec M. Luthy celle des rayons ultraviolets par l'acroléine liquide, par ses solutions (dans l'hexane, l'éther, l'alcool, CCl^4 et l'eau) et par sa vapeur. Nous examinerons d'abord l'absorption des rayons ultraviolets par l'acroléine liquide et en solution.

L'acroléine liquide a été étudiée sous des épaisseurs variant de $\frac{1}{100}$ à 10^{mm}. Nous donnons dans le tableau les proportions des différentes radiations absorbées par les épaisseurs de 10, 1, 0,1 et $0^{mm},01$, ainsi que les valeurs du coefficient d'absorption K, défini par la relation $I = I_0 . 10^{-Kd}$, d étant l'épaisseur en centimètres.

L'absorption commence déjà pour les rayons bleus, les rayons violets sont fortement absorbés par une couche de 10^{mm} et les rayons ultraviolets ne peuvent pénétrer qu'à une profondeur inférieure à 1^{mm}.

λ.	Pour 100 absorbés par : 10mm.	1mm.	0mm,1.	0mm,01.	K.
	Spectre visible.				
4130 Å	46	5,7	0,6	-	0,27
4120	63	9,1	1,0	-	0,43
4086	71	11,5	1,3	-	0,54
4050	88	19	2,1	-	0,9
	Spectre ultraviolet.				
3920	totale	88	19	2,1	9
3880	totale	97	29	3,4	15
3830	totale	99,9	50	11	30
3700	totale	totale	97	29	150
3600	totale	totale	99,9	50	300
3500	totale	totale	totale	67	480

Le spectre d'absorption des solutions d'acroléine varie avec le solvant; c'est dans l'hexane que l'on obtient le spectre normal qui se rapproche le plus de celui de la vapeur d'acroléine.

Le spectre de l'acroléine en solution se compose de deux régions différentes : la première A entre 4150 et 2780 Å, la seconde B depuis $\lambda = 2450$ jusqu'au delà de 1900.

La région A comprend cinq bandes étroites d'intensités croissantes; les positions des maxima et les coefficients d'absorption moléculaires

$$\varepsilon = \frac{K}{c} \quad (c = \text{concentration en mol-g par litre})$$

sont les suivantes :

λ	3852.	3785.	3665.	3492.	3348.
ε	6,6	6,3	10,8	11,5	11,8

Au delà de 3348, l'absorption diminue régulièrement jusqu'à un minimum pour $\lambda = 2780$, $\varepsilon = 3,4$.

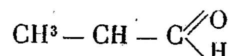
Entre 2780 et 2450, l'absorption est très faible.

La région B s'étend à partir de $\lambda = 2450$; l'absorption augmente très vite et atteint un maximum très élevé, $\varepsilon = 40000$ dans l'ultraviolet extrême $\lambda = 1980$, ainsi que le montrent les nombres suivants :

λ	2450	2350	2288	2190	2140	2086	1980 (max.)	1944
ε	5,8	17,5	68	680	2710	17500	40000	28000

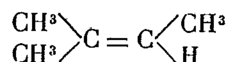
Pour déterminer l'origine des différentes régions d'absorption de l'acroléine, nous avons étudié les spectres d'absorption de l'aldéhyde propylique, du triméthyléthylène et de l'acide acrylique.

L'aldéhyde propylique



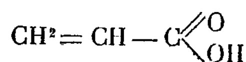
possède une seule bande large dont le maximum correspond à $\lambda = 2788$, $\varepsilon = 10,0$; dans l'ultraviolet extrême, l'absorption est faible.

Le triméthyléthylène



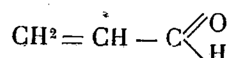
ne commence à absorber qu'au delà de $\lambda = 2400$; l'absorption croît très vite et atteint un maximum vers $\lambda = 1920$ avec $\varepsilon > 10000$.

L'acide acrylique



possède une première bande faible (correspondant au carboxyle) pour $\lambda = 2400$, $\varepsilon = 108$, et une deuxième bande très intense pour $\lambda = 2000$, $\varepsilon = 45000$.

Dans la molécule d'acroléine



les deux groupes chromophores $C = C$ et $C = O$ se trouvent en position conjuguée; par conséquent, d'après la loi énoncée par nous [1], les bandes caractéristiques de ces chromophores seront déplacées vers le rouge. Il en résulte que la région d'absorption A est provoquée par le carbonyle et la région B par le groupe éthylénique de l'acroléine.

Par conséquent, toute réaction qui produira dans l'acroléine une modification du groupe carbonyle, par exemple la transformation en acide ou en alcool, fera disparaître l'absorption de la région A. De même en saturant le groupe éthylénique, la bande B dans l'ultraviolet extrême disparaît et la bande A se déplace vers l'ultraviolet. On pourra donc suivre pas à pas les différentes transformations de l'acroléine en mesurant son spectre d'absorption.

La région A du spectre de l'acroléine se compose d'une série de bandes

(1) *Études de Photochimie*, 1919, p. 174.

étroites qui, dans le spectre de la vapeur, se résolvent en une multitude de bandes et de raies très fines. Ces bandes fines indiquent, comme nous l'avons montré ([1]), que la molécule d'acroléine possède une polarité électrique, le groupe carbonyle et le groupe éthylénique présentent des charges électriques opposées.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Séparation électro-analytique rapide, par potentiels gradués, de l'argent, du cuivre et du bismuth.* Note de M. **Arnold Lassieur**, présentée par M. A. Haller.

Mes expériences ont été exécutées avec l'appareil d'électrolyse Kling et Lassieur. Cathode fixe de forme cylindrique, en toile de platine : diamètre 43^{mm}; hauteur 50^{mm}. Anode rotative : diamètre 30^{mm}; hauteur 50^{mm}. Le potentiel cathodique a été contrôlé au moyen du dispositif que j'ai précédemment décrit ([2]), l'électrode auxiliaire renfermant une solution de chlorure de potassium normal.

Séparation argent-cuivre. — La séparation électrolytique de l'argent et du cuivre est *a priori* une des plus faciles à réaliser, les tensions électriques de ces deux métaux étant très différentes l'une de l'autre. En pratique certaines difficultés se présentent du fait que le milieu de dépôt convenant à l'argent ne convient pas au cuivre et réciproquement.

A. En milieu nitrique, on peut séparer l'argent du cuivre, en contrôlant la différence de potentiel anode-cathode (1,2 volt avec mon appareil). L'argent se dépose seul, on le pèse, puis on électrolyse pour cuivre le liquide résiduel, sans précautions spéciales. Le dépôt du cuivre est excellent, celui d'argent présente une structure cristalline et une adhérence défectueuse qui en rend la pesée incertaine et même le plus souvent impossible. La séparation est bonne seulement quand de faibles quantités d'argent sont mises en œuvre.

B. En milieu riche en acétate de soude ([3]), le dépôt d'argent est correct, celui de cuivre présente toujours une surcharge importante rendant le plus souvent le dosage illusoire.

C. En milieu d'acétate d'ammonium ([4]), on observe des résultats du même ordre.

D. La séparation argent-cuivre en bain de cyanure fournit de bons nombres pour l'argent, mais le dépôt de cuivre est assez difficile à obtenir quantitativement.

Des essais que j'ai exécutés, il résulte que la séparation argent-cuivre

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1142, et t. 177, 1923, p. 1037.

([2]) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1114.

([3]) Sand, *J. of Chem. Soc.*, 1907; *Trans.*, I, p. 285.

([4]) Sand, *loc. cit.*

doit être pratiquée en liqueur nitrique. Il est facile d'obtenir un dépôt d'argent parfaitement adhérent en ajoutant à la liqueur en expérience une faible quantité de mercure. Une quantité de mercure égale au $\frac{1}{10}$ du poids d'argent à déposer est largement suffisante pour l'obtention d'un métal très adhérent. La cathode peut être séchée dans l'étuve à 100°, sans avoir à craindre aucune volatilisation de mercure. Dans mes expériences, la solution des deux métaux, à l'état de nitrates, renferme $1^{cm^3},3$ d'acide nitrique à 36° B. libre. Le volume est de 85^{cm^3}. L'électrolyse est faite au voisinage de l'ébullition avec un courant de 2 ampères pour la précipitation de chaque métal. Durée de chaque dépôt : 20 minutes.

Séparation argent-bismuth. — L'opération est calquée sur la précédente, le bismuth pouvant au point de vue électrolytique être assimilé au cuivre. Le dépôt de bismuth en milieu nitrique passe pour difficile à obtenir. Il n'en est rien, mais il est indispensable de limiter très étroitement le potentiel auxiliaire à 240 millivolts, spécialement en fin d'électrolyse, où il a une tendance à monter très rapidement, souvent en quelques secondes. Un bon dépôt doit présenter une couleur gris fer et un aspect mat et uni.

Séparation cuivre-bismuth. — La plupart des méthodes connues ne peuvent fournir une bonne séparation du cuivre d'avec le bismuth par électrolyse rapide. La méthode de Sand (*loc. cit.*) en milieu tartrique fournit un dépôt de cuivre entraînant du bismuth. Il faut redissoudre ce premier dépôt et exécuter une nouvelle électrolyse pour cuivre. Le même auteur a employé pour cette séparation un milieu renfermant du tartrate de soude, du cyanure de potassium, du formol et de la soude. Le cuivre se trouve sous forme d'un complexe assez résistant pour qu'on puisse obtenir, dans une première opération, le dépôt exclusif du bismuth. Les résultats publiés par Sand sont bons, mais la méthode présente l'inconvénient de charger exagérément la solution de substances diverses, fort gênantes pour la séparation ultérieure d'autres métaux. Ce dernier procédé est, à notre connaissance, le seul qui ait donné, à dire d'auteur, des résultats corrects pour des proportions quelconques de cuivre et de bismuth.

Le bismuth et le cuivre se déposent à des potentiels auxiliaires si voisins, qu'il est inutile de rechercher pour leur séparation une méthode basée sur le réglage exclusif du potentiel auxiliaire. J'ai obtenu d'excellents résultats en opérant en liqueur ammoniacale. Le cuivre reste en solution, le bismuth étant précipité sous forme d'hydrate. Une première électrolyse permet le dépôt du cuivre qui est pesé. La liqueur résiduelle est acidifiée par l'acide nitrique et électrolysée pour bismuth.

Il est indispensable de suivre rigoureusement le mode opératoire suivant : la solution renfermant le cuivre et le bismuth est additionnée d'ammoniaque jusqu'à coloration bleue persistante. On ajoute alors 1^{cm^3} d'ammoniaque à 22° B. en excès, puis 10^{cm^3} d'alcool à 95°, et l'on complète le volume à 100^{cm^3}. La liqueur est électrolysée à froid pour cuivre avec un potentiel auxiliaire de 320 millivolts, qu'on peut laisser croître en fin d'électrolyse jusqu'à 400 millivolts. Pour des quantités de cuivre ne dépassant pas 0g,500, l'opération dure 20 minutes. Le cuivre est pesé. La liqueur est neutralisée par l'acide nitrique à 36° B. dont on ajoute un excès de 10^{cm^3}. Électrolyser pour bismuth au voisinage de l'ébullition, le potentiel auxiliaire étant fixé à 240 millivolts. Il est fondamental de ne pas dépasser cette valeur sous peine d'obtenir un dépôt de bismuth noirâtre, sans adhérence.

Des essais ont montré que pour effectuer cette séparation le contrôle du potentiel auxiliaire était nécessaire, la seule considération de la différence de potentiel anode-cathode ne permettant pas d'obtenir la séparation; en effet, si on laisse s'élever inconsidérément le potentiel auxiliaire, on observe un dépôt de bismuth, l'hydrate prenant part à l'électrolyse, comme le fait se produit avec nombre de substances insolubles en suspension au sein d'un électrolyte. Sand a rejeté en principe les méthodes d'électro-analyse rapide dans lesquelles un élément est engagé sous une forme insoluble. Cette rigueur n'est pas justifiée, l'expérience le montre dans le cas présent. On pourrait à première vue, craindre de ne pouvoir séparer aisément l'hydrate de bismuth de la cathode recouverte de cuivre, il n'en est rien et un lavage au moyen d'une fiole à jet a toujours fourni d'excellents résultats. Cette séparation est d'une technique simple et facile, la détermination des deux métaux est faite très exactement.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur un nouveau réactif de l'oxyde de carbone.* Note de M. A. **Damiens**, présentée par M. H. Le Chatelier.

M. Joannis a montré (1) que l'oxyde de carbone est très lentement absorbé par une dissolution de sulfate de cuivre en présence de cuivre métallique. Il a isolé le composé $SO^4Cu^2.2CO.H^2O$, soluble dans l'eau, très facilement dissociable en oxyde de carbone, sulfate de cuivre et cuivre. Ainsi a été démontrée l'existence d'un sulfate cuivreux, mais seulement sous forme de la combinaison précédente. Ultérieurement, Recoura (2) a

(1) Joannis, *Comptes rendus*, t. 136, 1903, p. 615.
(2) Recoura, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 1105.

obtenu un sulfate cuivreux SO^4Cu^2 par action ménagée du sulfate de méthyle sur l'oxyde cuivreux. L'eau le décompose rapidement.

Nous avons observé dans une étude antérieure [1] que l'acide sulfurique à 66° Bé agit sur l'oxyde cuivreux sec pour donner un produit qui forme avec l'éthylène un complexe $SO^4Cu^2.nC^2H^4$. Par suite, nous avons pensé que, pour des raisons d'analogie, la même substance pourrait absorber l'oxyde de carbone, ce que l'expérience a confirmé. Le sulfate cuivreux se montre peu soluble et stable dans l'acide sulfurique, de sorte que cette suspension constitue un très bon réactif pour l'absorption et le dosage de l'oxyde de carbone dans les mélanges gazeux complexes.

Ce réactif est exempt de vapeur propre; il n'hydrate pas les gaz, et il absorbe aisément et complètement des volumes importants d'oxyde de carbone. Il n'a pas d'action sensible sur le mercure. Son altération au contact de l'air est très lente. On le conserve simplement dans des flacons bouchés à l'émeri.

On l'obtient en versant l'acide sulfurique sur l'oxyde cuivreux placé dans un mortier. Un échauffement se produit, la poudre rouge brunit, on broye finement la masse qui s'est légèrement agglomérée. Il est plus aisé d'imprégner l'oxyde avec une très faible quantité d'eau et d'ajouter lentement et progressivement l'acide. On évite ainsi l'agglomération signalée.

On peut mettre en suspension dans l'acide sulfurique une proportion quelconque d'oxyde cuivreux, pouvant atteindre par exemple 20 pour 100 et plus, le mode opératoire choisi pour la mesure des volumes gazeux pouvant comporter des exigences particulières. Si l'on fait cette mesure dans des petits tubes gradués, il est commode d'utiliser un réactif à 5 pour 100 d'oxyde cuivreux pour 100^g d'acide. La lecture du volume après absorption peut être faite dans le tube lui-même après quelques minutes de repos : la couche d'acide surnageant le précipité est suffisante pour permettre l'observation du ménisque. La grande viscosité de l'acide sulfurique permet d'autre part la séparation aisée du gaz et du réactif, si l'on fait la lecture dans un tube autre que celui où s'est faite l'absorption.

Le réactif absorbe l'oxyde de carbone dans une proportion telle que la formule du composé formé approche sensiblement la suivante : $SO^4Cu^2.2CO$. Voici les proportions de gaz et de réactif observées et correspondant à la limite de saturation pratique :

---

(1) A. Damiens, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 585.

Concentration en oxyde Cu^2O pour 100g d'acide SO^4H^2.	Volume de CO absorbé par centimètre cube de réactif.	Rapport $\frac{Cu^2O}{CO}$.	Théorie pour $SO^4Cu^2.2CO$.
1..............	$5^{cm^3},30$	2,59	2,55
5..............	$25^{cm^3},35$	2,73	

Le sulfate cuivreux qui se forme dans la préparation du réactif est légèrement soluble dans l'acide. Cette dissolution peut absorber une petite quantité d'oxyde de carbone (environ 2^{cm^3} par centimètre cube). Le complexe formé est aussi légèrement soluble.

Dans le cas général, l'absorption, assez rapide au début, se ralentit à mesure que l'on se rapproche de la limite.

Le réactif possède à l'origine une coloration rouge brun, ainsi que le précipité en suspension. A mesure que l'absorption de l'oxyde de carbone se poursuit, on voit se déposer un précipité blanc et la coloration s'éclaircit. Finalement, à la saturation, le réactif encore coloré surmonte une poudre blanchâtre.

Le réactif ayant absorbé l'oxyde de carbone dégage celui-ci par chauffage. On peut donc régénérer le gaz. Des recherches sont en cours pour étudier complètement la décomposition du complexe formé. La dilution du réactif produit un précipité noir et dégage une faible proportion seulement du gaz absorbé.

Nous avons étudié l'action du réactif à 5 pour 100 d'oxyde cuivreux sur différents gaz. Il absorbe très lentement l'oxygène, et assez rapidement l'éthylène et l'acétylène. Le gaz traité doit donc être débarrassé de ces substances. La condensation dans l'air liquide permet d'éliminer les carbures éthyléniques et acétyléniques, qui peuvent aussi être absorbés préalablement par leurs réactifs propres (1), lesquels n'agissent pas sur l'oxyde de carbone. L'oxygène est d'autre part éliminé par l'un de ses réactifs classiques.

Voici d'autre part les essais faits sur différents gaz non condensables dans l'air liquide, autres que l'oxygène. On a mis en jeu $0^{cm^3},70$ de réactif et l'agitation a duré dans chaque cas environ 10 minutes.

---

(1) P. Lebeau et A. Damiens, *Ann. Ch. Phys.*, 9e série, t. 8, 1917, p. 221.

Gaz étudiés.	Volume mis en jeu.	Volume retrouvé.	Observations.
Hydrogène	5,30	5,30	non absorbé
Méthane	5,60	5,60	non absorbé
	2,47	2,47	—
Azote	2,93	2,93	non absorbé
Mélange H — CO: H	8,35	8,36	
CO	1,13	1,12	
Mélange H — N — CH^4 — CO: H	1,72	5,08 (H + CH^4 + N)	
CH^4	1,86		
N	1,50		
CO	1,80	1,80	

Il ne paraît pas nécessaire dans les cas envisagés ici de faire agir une seconde fois du réactif neuf sur le gaz déjà traité. La tension de dissociation du complexe formé est donc très faible pour les proportions envisagées. Les dosages d'oxyde de carbone en présence d'hydrogène, de méthane et d'azote sont exactement réalisés dans les limites d'exactitude de notre méthode de mesure.

Si les conditions d'expérience sont telles que le réactif absorbe une forte proportion d'oxyde de carbone, la tension devient sensible. On a fait absorber par $0^{cm^3},7$ du réactif à 5 pour 100, $20^{cm^3},3$ d'oxyde de carbone. Le liquide obtenu a été mis en contact avec de l'hydrogène ($T = 16°$), auquel il a cédé de l'oxyde de carbone : le mélange obtenu étant mis en contact avec du réactif neuf, le volume d'hydrogène primitif a été retrouvé. Il est donc recommandable de vérifier qu'un nouveau contact du gaz avec un réactif neuf ne fait pas varier son volume.

Nous poursuivons l'étude chimique de la réaction signalée qui est peut-être susceptible d'application industrielle, par exemple pour la préparation de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone à partir du gaz à l'eau et d'autres gaz techniques.

CHIMIE. — *Étude chimique des vitraux de l'église Saint-Remi de Reims.* Note (1) de M. G. Chesneau, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une précédente Communication (2), j'ai donné les résultats des analyses que j'ai effectuées sur quatre verres respectivement violet, bleu,

(1) Séance du 25 février 1924.

(2) G. Chesneau, *Contribution à l'étude chimique des vitraux du moyen âge Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 622).

vert et rouge de la grande rose du portail occidental de la cathédrale de Reims, dont la verrière date de la fin du XIII[e] siècle.

Il m'a paru intéressant pour l'histoire de la technique des vitraux du moyen âge, de faire une étude semblable sur le verre des vitraux de l'église Saint-Remi de Reims, antérieurs d'un siècle à ceux de la cathédrale : la destruction systématique de la ville de Reims par les bombardements ennemis a saccagé les magnifiques verrières de l'abside de Saint-Remi, et c'est sur quelques fragments de ces vitraux, jugés inutilisables pour leur restauration, qu'ont été prélevés les morceaux mis à ma disposition pour cette étude.

Mes analyses sur les vitraux de Saint-Remi ont porté sur un verre bleu (verre ovale de pourtour intact, ayant 35^{mm} sur 25^{mm}, et une épaisseur variant de 3^{mm} à $3^{mm},93$, pesant 7^{g}) et sur un verre rouge (fragment rectangulaire de 25^{mm} de large et 75^{mm} de long, d'épaisseur variant de $2^{mm},75$ à $5^{mm},68$ et pesant 13^{g}); voici les résultats de ces analyses, desquels j'ai rapproché, en vue de leur comparaison, ceux obtenus dans ma précédente étude sur des verres de mêmes couleurs de la cathédrale de Reims :

	Verre bleu.		Verre rouge.	
	St-Remi de Reims.	Cathédrale de Reims.	St-Remi de Reims.	Cathédrale de Reims.
	pour 100.	pour 100.	pour 100.	pour 100.
Silice (SiO^2)	50,10	53,90	54,10	53,50
Acide titanique (TiO^2)	traces	0,20	0,10	traces
Acide sulfurique (SO^3)	//	0,20	//	//
Perte au feu	0,30	0,40	0,50	0,40
Alumine (Al^2O^3)	4,30	3,90	3,30	3,00
Chaux (CaO)	18,60	19,30	16,60	17,80
Magnésie (MgO)	4,70	4,10	4,70	6,10
Potasse (K^2O)	16,70	12,20	15,10	15,00
Soude (Na^2O)	2,60	1,90	1,90	1,80
Oxyde de plomb (PbO)	0,10	traces	0,10	0,03
Oxyde de bismuth (Bi^2O^3)	0,08	0,02	//	//
Métaux colorants :				
Oxyde de cuivre (CuO)	0,08	0,13	0,20	0,13
» de cobalt (CoO)	1,03	0,25	//	//
» de manganèse (Mn^3O^4)	0,63	3,03	1,22	0,86
» de fer (Fe^2O^3)	0,95	0,79	1,90	0,84
Total	100,17	100,32	99,72	99,46

Dans l'ensemble, et abstraction faite des métaux colorants, la composition des verres de Saint-Remi et de la cathédrale de Reims est très voisine; les rapports entre les teneurs de chaux et de magnésie, et entre celles de potasse et de soude sont peu différents d'un verre à l'autre, et l'on est en droit d'en conclure que les matières premières des verres ont été les mêmes pour les vitraux de la cathédrale que pour

ceux de Saint-Remi, Il est donc vraisemblable que, soit qu'ils fussent rémois, soit qu'ils se fussent transportés à Reims d'une autre région, les ateliers qui ont fabriqué les vitraux des deux églises, à un siècle d'écart, avaient la même origine. Mais la composition de ces verres ne peut fixer par elle-même cette origine, faute de points de comparaison avec les vitraux d'autres centres tels que Troyes, Châlons ou Paris, et seule l'analyse, non encore faite à ma connaissance, des verrières de ces régions, où l'industrie des vitraux a été si florissante au moyen âge, pourrait fournir quelque précision sur la question si intéressante de l'origine ou des rapports des ateliers qui ont produit ces admirables vitraux.

Au point de vue des métaux colorant les verres, les analyses qui précèdent dénotent une différence très grande entre les verres bleus de Saint-Remi et ceux de la cathédrale de Reims. On sait quelle pureté de ton offre le bleu des vitraux de Saint-Remi, tandis que le bleu des vitraux de la cathédrale de Reims a une teinte un peu violacée. La comparaison des analyses des verres bleus des deux églises explique aisément cette différence : l'oxyde de cobalt, qui est le colorant bleu par excellence, est quatre fois plus abondant dans le verre de Saint-Remi que dans celui de la cathédrale, et, inversement, la teneur en oxyde de manganèse (colorant violet quand il est au maximum d'oxydation, et ne passant au bleu de lin que par réduction partielle de l'oxyde) est cinq fois plus abondant dans le verre de la cathédrale que dans celui de Saint-Remi.

En ce qui concerne les verres rouges, l'examen de la tranche des verres dénote une différence marquée dans le mode de fabrication des verres de Saint-Remi et de la cathédrale. Ces verres, suivant l'usage constant des verriers du moyen âge, s'obtenaient en cueillant, avec la canne dans le creuset, du verre blanc qu'on recouvrait ensuite d'une mince couche d'émail rouge au cuivre, et l'on soufflait ensuite en plateau; mais tandis que, dans les verres rouges de la cathédrale de Reims, on n'observe qu'une seule couche d'émail rouge à l'extérieur du verre blanc, les verres rouges de Saint-Remi offrent dans la tranche jusqu'à cinq strates d'émail rouge séparées par des strates de verre blanc : les verres rouges de Saint-Remi semblent donc avoir été obtenus en cueillant successivement cinq fois du verre blanc enduit chaque fois avec de l'émail rouge. Les couches d'émail rouge des verres de Saint-Remi sont d'ailleurs plus minces et plus claires que la couche unique des verres de la cathédrale, dont la teinte est plus foncée dans l'ensemble que celle des verres rouges de Saint-Remi; dans ceux-ci, les couches d'émail rouge présentent de nombreuses manques qui se sont produites pendant l'étirage de la masse, ce qui semble dénoter un émail plus fluide que celui, très continu, des verres rouges de la cathédrale.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la désulfuration des métaux à l'état solide.* Note de M. **B. Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Depuis déjà bien longtemps, on a signalé que certains métaux, les aciers, par exemple, chauffés en vase clos, en présence de charbon, voient diminuer leur teneur en soufre.

En fait, cette désulfuration est très lente et n'affecte que les couches tout à fait superficielles du métal. Elle présente donc peu d'importance pratique pour des métaux compacts obtenus par la fusion.

Il en est tout autrement pour les métaux, comme le nickel ou le cobalt, qu'on prépare industriellement à l'état d'agglomérés (cubes, rondelles, briques). Ceux-ci sont, en effet, des corps extrêmement poreux et présentent par conséquent, sous peu de volume, une surface d'action considérable. Dans ce cas, la désulfuration est bien plus rapide. Elle se produit aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur de l'aggloméré. Elle peut donc changer très sensiblement la composition chimique du métal et par là même, ses propriétés mécaniques.

Expériences de laboratoire. — Des oxydes de nickel ou de cobalt, contenant encore 0,01-0,02 pour 100 de soufre, ont été broyés en grains de quelques centièmes de millimètre de diamètre, puis additionnés de colle et moulés en forme de cubes de 15^{mm} de côté. Après séchage, ces cubes ont été soumis à une calcination réductrice pendant un temps variable et à des températures différentes.

Comme réducteurs, nous nous sommes servis de charbon de sucre, d'anthracite et de charbon de bois. Toutes ces espèces de charbons ont été réduits en poudre et utilisés tels quels ou mélangés avec des carbonates alcalins ou alcalino-terreux. Voici quelques-uns des résultats de désulfuration obtenus à 1100° après une calcination de 12 heures :

	Teneur en soufre pour 100.
Oxydes avant la réduction	0,018
Cubes après la réduction :	
Dans le charbon de sucre	0,019
Dans l'anthracite	0,028
Dans le charbon de bois	0,010
» » » + 5 °/₀ de carbonate de chaux	0,005

Ainsi donc la réduction de ces oxydes au moyen d'un charbon très pur,

comme celui qu'on obtient par la calcination du sucre, ne produit pas de désulfuration; bien plus, l'anthracite contenant primitivement 0,50 pour 100 de soufre sulfure le métal; par contre, le charbon de bois, surtout quand il est additionné de carbonates, diminue très sensiblement la teneur en soufre du métal.

Une étude plus approfondie de la question nous a montré que la désulfuration ne commence qu'après la réduction complète des oxydes et en même temps que la carburation du métal; qu'elle est due à la présence de carbonates et que par conséquent tout espèce de charbon additionné de ce sel peut convenir. Si le charbon de bois a seul agi dans les expériences ci-dessus, c'est parce que ses cendres étaient déjà riches en carbonates.

Bien que dans les expériences citées plus haut nous n'ayons enlevé que des quantités infimes de soufre : 0,013 pour 100 dans le meilleur cas, ces résultats sont néanmoins très intéressants. Car cette désulfuration, bien légère, a pour effet de modifier très sensiblement les propriétés mécaniques du métal. Ainsi un cube de nickel à 0,015-0,02 pour 100 de soufre, tombe en poussière au premier coup de marteau; mais le même cube, toutes choses égales d'ailleurs, à 0,005 pour 100 de soufre peut, sans se briser, être transformé par martelage en une galette de quelques millimètres d'épaisseur.

MINÉRALOGIE. — *Orientation des cristaux d'iodure d'ammonium par les lames de clivage des micas.* Note de M. P. GAUBERT.

Les recherches de Frankenheim ont montré qu'une goutte d'une solution d'iodure de potassium laisse déposer, sur les lames de clivage de muscovite et de biotite, des cristaux en octaèdres très aplatis suivant la face adhérant à la lame, ayant tous la même orientation, à côté de cristaux en forme de cube et non orientés, comme ceux qui sont obtenus sur une lame de verre. Les relations des cristaux d'iodure et de mica ont été étudiées au point de vue théorique par M. Wallerant et par M. Mügge, au cours de leurs études sur les groupements de cristaux d'espèce différente. Je rappellerai seulement que les trois arêtes de la face de l'octaèdre, reposant sur la lame, sont parallèles aux trois fentes des figures de choc du mica.

Il était intéressant de voir si le groupement pouvait se produire avec d'autres iodures et si les différents micas avaient la même capacité d'orientation. J'ai constaté que les cristaux d'iodure d'ammonium s'orientent plus

facilement que ceux d'iodure de potassium, et on peut les obtenir très petits, surtout si la cristallisation a lieu à chaud, il y a avantage à employer le sel ammoniacal s'il s'agit d'examiner l'orientation avec des lamelles de mica microscopiques. Les cristaux de bromure et de chlorure d'ammonium peuvent aussi être orientés, mais assez rarement, comme ceux de bromure et de chlorure de potassium. Il est à remarquer que la facilité d'orientation des cristaux des deux séries de sels semble être en relation avec la grandeur du volume moléculaire (celui des deux iodures est beaucoup plus grand que ceux des bromures et chlorures correspondants). Les cristaux d'iodure de césium s'orientent quelquefois, mais ceux d'iodure de sodium anhydre se présentent toujours en cubes de position quelconque. Ceux de chlorure d'argent déposés par une solution ammoniacale, bien qu'ils se présentent en octaèdres, ne montrent aucune orientation.

L'addition d'une petite quantité d'iodure de sodium à la solution des iodures d'ammonium et de potassium rend instables les sommets de l'octaèdre, sommets qui sont remplacés par les faces du cube. Si ces cubo-octaèdres, s'accroissent dans une solution d'iodure d'ammonium pure ou du moins très pauvre en iodure de sodium, les faces du cube ne sont plus stables et disparaissent comme s'il s'agissait d'une cassure.

L'examen de l'action des différents micas, sur les iodures, montre que la composition joue un rôle prédominant sur l'orientation de leurs cristaux. Alors que la muscovite, la lépidolite, la biotite, la zinnwaldite, micas potassiques, ont une action énergique sur les iodures, la paragonite, mica sodique, et la margarite, mica calcique, n'orientent aucun cristal ou plutôt ne montrent que tout à fait accidentellement un octaèdre orienté comme les clitonites et les chlorites. La capacité d'orientation est en relation avec la quantité de potassium contenue dans les micas. Si, pour fixer les idées, on appelle *coefficient d'orientation* le rapport du nombre des cristaux en octaèdres d'iodure d'ammonium, au nombre total des cristaux déposés, il est égal à 1 pour la lépidolite, très voisin de l'unité pour la muscovite et assez variable avec la biotite et la zinnwaldite des différents gisements. Le coefficient d'orientation est en effet diminué par la quantité de fer. Ainsi la *lépidomilane* de Laurvig oriente fort et l'*annite* de Rockport pas du tout.

Les variétés de biotite contenant des éléments habituellement étrangers aux micas : baryum, manganèse, chrome (biotite barytique, manganophyllite, etc.) orientent environ la moitié des cristaux parce qu'elles contiennent beaucoup de potassium.

Les variétés de muscovite, l'œllachérite (7,60 de K^2O et 5,5 de BaO),

la margarodite, la fuchsite, la hallérite, agissent un peu moins activement que les muscovites typiques. Au contraire, les produits d'altération des micas ayant perdu leur potasse, bien que leurs propriétés optiques soient en apparence conservées et que leurs lames donnent encore les figures de choc, ne possèdent plus la faculté d'orienter les iodures. Ainsi la rubellane du lac Laach (2 pour 100 au plus de K^2O) a un coefficient presque nul d'orientation, de même que la jefferisite, la hallite, la protovermiculite, la vermiculite, la vaalite, à peu près sans potasse.

Les lames de mica qui ont été portées au rouge ont perdu la faculté d'orientation, il en est de même de celles qui ont été attaquées par l'acide chlorhydrique.

On en est amené à supposer que c'est à la forme du réseau constitué par les atomes de potassium du mica qu'il faut attribuer les actions attractive et directrice sur le réseau des atomes de potassium et du groupe AzH^4 des iodures, ces réseaux ayant probablement des formes très voisines.

Cette observation jette un jour inattendu sur les groupements cristallisés d'espèces différentes.

Il résulte des faits qui viennent d'être passés en revue, que l'examen de l'orientation des cristaux d'iodure offre un excellent moyen d'investigation, non seulement pour distinguer les micas entre eux, mais aussi pour reconnaître immédiatement les produits de décomposition en permettant de constater la disparition du potassium dans des lamelles qui ont parfois conservé la plupart des propriétés du mica primitif (1).

OCÉANOGRAPHIE. — *La densité des eaux marines; son rôle dans l'étude de la circulation océanique et la pêche maritime.* Note (2) de M. **J. Thoulet**,

J'ai montré dans une Note antérieure comment, pour des eaux marines, la connaissance de la densité σ_θ à la température *in situ* θ et de la densité normale σ_0 à la température de 0°, obtenues par une mesure résultant d'une opération unique, facile et rapide, à la suite d'un sondage densimétrique,

(1) Le mica des scories de Kafveltorp, étudié par M. Vogt, n'oriente pas. Ce n'est donc pas un véritable mica. Du reste ses indices de réfraction sont beaucoup plus faibles que ceux de ce minéral. Le plus grand, n_g est voisin de 1,54 et par conséquent de celui de la phlogopite chauffée au rouge.

(2) Séance du 25 février 1924.

permettait de se rendre un compte exact et détaillé de la circulation océanique. L'opération est grandement simplifiée si, au lieu de laisser en tableaux les valeurs numériques obtenues directement, on les dispose en forme de graphique.

Chaque graphique, image d'un sondage densimétrique, consiste en un tracé, à la même échelle, sur une même feuille de papier et rapporté aux profondeurs en abscisses, des trois courbes σ_0, σ_θ et θ. Considérées isolément ou comparées entre elles, leurs irrégularités montrent immédiatement, par exemple, la profondeur à laquelle descendent verticalement, en chaque localité, les eaux superficielles alourdies par évaporation (environ 400 brasses), la répartition en surface et en profondeur au sein des eaux salées, les eaux douces continentales apportées par les fleuves, la superposition des courants marins, leur nature, leur température, leur direction, leur vitesse, les points de calme; en un mot, la solution des multiples problèmes que comporte la circulation océanique. Les irrégularités de la courbe σ_0 signalent et expliquent les variations en quelque sorte statiques du phénomène général et celles de la courbe σ_θ, en corrélation avec la courbe θ, les variations dynamiques.

Ces graphiques, en outre, apportent une base véritablement méthodique et scientifique à l'industrie de la pêche des poissons migrateurs, morues, thons, germons, harengs, sardines et autres car ils permettent de situer exactement au sein de la masse des eaux marines ce qu'on pourrait appeler le climat d'habitat d'un animal marin quelconque.

Pour un être vivant dans l'atmosphère gazeuse terrestre, l'air ayant partout sensiblement la même composition, la température est la seule véritable caractéristique de sa répartition géographique. Il n'en va pas de même pour les êtres vivant au sein de l'eau salée qui offre des variations de composition considérables. Le climat d'habitat, pour chacun d'eux, implique la double condition de la température et de la salure représentée d'une manière absolument indivisible par une valeur numérique unique, la densité *in situ* σ_θ. La température seule est alors une caractéristique insuffisante et il en est de même pour la salure, poids de tout ce qui, dans le litre de l'eau de mer considérée, n'est pas de l'eau chimiquement pure. Cette seconde caractéristique est immédiatement fournie par la partie décimale $\sigma_0 - 1$ de la densité normale σ_0 déduite, sans analyse ni calcul, de la valeur σ_θ mesurée sur place. Ainsi, pour en donner un exemple, le corail des atolls ne peut exister que dans des eaux non saumâtres et de température supérieure à 20°; il périrait aussi bien dans de l'eau convenablement salée mais au-dessous

de 20° que dans de l'eau saumâtre au-dessus de 20°. D'autres variables peuvent être susceptibles d'exercer une action plus ou moins favorable ou défavorable, mais leur influence est d'ordre secondaire.

Ces deux caractéristiques, température et salure, indissolublement liées dans un unique σ_θ, peuvent varier séparément entre certaines limites d'ailleurs assez étroites et créent ainsi pour l'être en question un habitat optimum où celui-ci abondera, médiocre où il demeurera rare ou absolument contraire et, dans ce cas, il en sera toujours absent.

Ces conditions physiques ambiantes règlent aussi la distribution du plancton qui leur obéit automatiquement et qui lui-même entraîne à sa suite tous les êtres de l'Océan auxquels il sert directement ou indirectement de nourriture et qui, eux, n'ont pas de caprices.

Lorsqu'on aura déterminé exactement et fixé numériquement, pour un être, quel qu'il soit, son σ_θ d'habitat et que les graphiques σ_0, σ_θ et θ auront été tracés de la manière indiquée, rien ne sera plus aisé que d'y lire la situation et la distribution exactes des localités où le pêcheur sera à l'avance à peu près certain de l'y trouver dans des conditions déterminées.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Graminées. Développement de l'embryon chez le* Poa annua *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

L'embryon des Graminées, malgré l'état de complication des formes adultes, se développe selon des lois simples et constantes qui permettent de se faire une idée assez exacte des rapports que ce nouveau type de développement embryonnaire présente avec ceux qui ont déjà été établis chez les autres Angiospermes.

Par quatre bipartitions successives, il s'édifie, chez le *Poa annua*, un proembryon à seize cellules comparable à celui qu'on rencontre chez les Liliacées (¹) et beaucoup de Dicotylédones (par exemple, chez les Polygonacées, les Renonculacées, les Composées). Les directions des divisions des quatre cellules circumaxiales supérieures du proembryon octocellulaire peuvent être transversales, verticales ou obliques, de sorte que cette région supérieure, q, peut ne pas se partager, dans tous les cas, en deux étages très nets l et l'. Les figures 1 à 3 permettent d'assister à la formation de la tétrade; par division de ses quatre éléments, celle ci donne naissance au proembryon octocellu-

---

(¹) R. Souèges, *Embryogénie des Liliacées. Développement de l'embryon chez l'*Anthericum ramosum *L.* (*Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 34).

laire (*fig*. 5); celui-ci, à son tour, par segmentation de ses huit éléments engendre le proembryon à seize cellules, partagé en six étages, *l*, *l'*, *m*, *n*, *o* et *p*, ou en cinq étages, *q*, *m*, *n*, *o* et *p*, selon que les quadrants, *q*, se séparent par des cloisons à direction horizontale ou verticale (*fig*. 7).

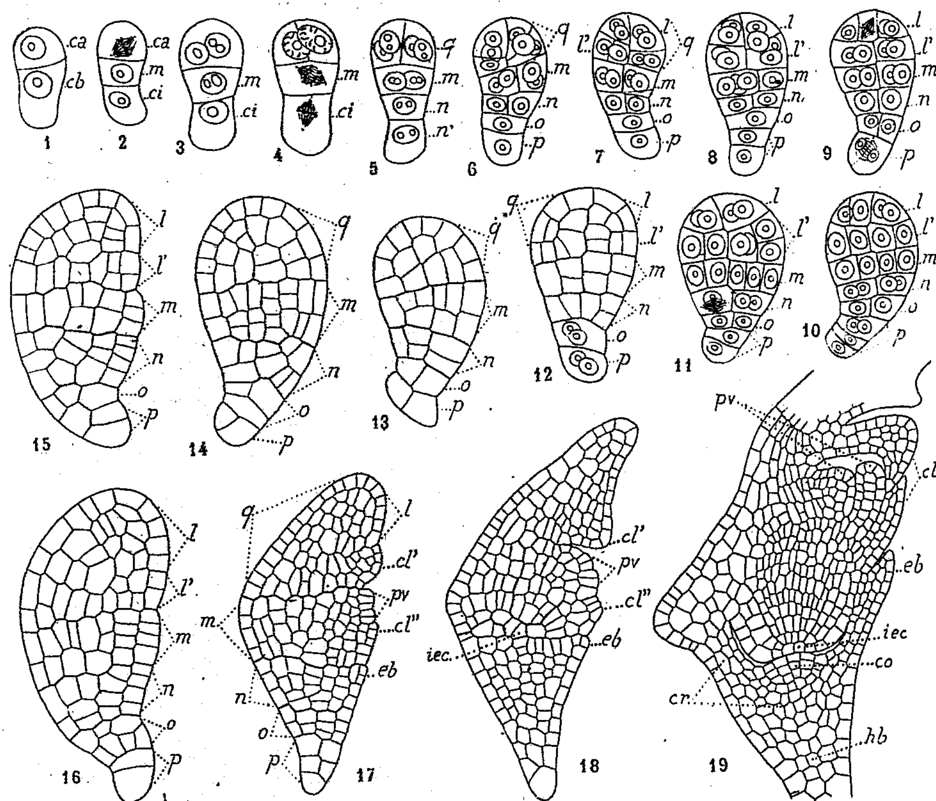


Fig. 1 à 19. — *Poa annua* L. — Les principales étapes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb* ou cellule intermédiaire et cellule inférieure de la tétrade; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*; *q*, *m*, *n*, *o*, *p*, les cinq étages du proembryon; *l* et *l'*, subdivisions de l'étage *q*; *cl*, coléoptile; *cl'* et *cl"*, ses deux lèvres supérieure et inférieure; *pv*, cône végétatif de la tige et première feuille; *eb*, épiblaste; *hb*, hypoblaste; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire; *cr*, coléorhize; *co*, coiffe. G. = 375; 190 pour les figures 17 à 19.

Sans entrer dans le détail des processus ultérieurs des segmentations que mettent suffisamment en évidence les figures 8 à 16, on peut montrer quelles sont les parties du corps de l'embryon adulte que ces différents étages contribuent à édifier. L'étage *q*, ou les deux étages *l* et *l'* qui en dérivent, donne naissance au cotylédon. Au moment où le proembryon s'applatit latéralement (*fig*. 15) et laisse apparaître la dépression marquant la séparation du cotylédon et de l'hypocotyle, on peut voir que cette dépression se produit à la limite commune des deux étages *q* et *m* (*fig*. 16, 17). La lèvre supérieure du coléoptile (*cl'*), qui se différencie peu après aux dépens des cellules épidermiques de la base cotylédonaire, tire son origine de la région du proembryon correspondant,

selon toute apparence, à l'étage l' (*fig.* 15, 16, 17). Aux dépens de l'étage *m*, se développent l'axe hypocotylé, le cône végétatif de la tige, la lèvre inférieure du coléoptile, les initiales du cylindre central et de l'écorce au sommet radiculaire.

Le cône végétatif de la tige, la première feuille (*pv*) et la lèvre inférieure du coléoptile (cl'') apparaissent tout d'abord sous forme de trois mamelons rudimentaires (*fig.* 17). Le premier s'accroît peu, les deux autres au contraire progressent rapidement de bas en haut. Hanstein (¹) a très bien montré, à propos du *Brachypodium distachyum*, comment les deux lèvres du coléoptile arrivent peu à peu à entourer le cône végétatif et le rudiment de la première feuille. Le dermatogène se différencie d'assez bonne heure, les deux autres histogènes beaucoup plus tard; peu après, il se produit, dans la région qui correspond au plan de séparation des deux étages *m* et *n*, un décollements de tissus, qui restent seulement soudés par leurs parties axiale et marginale.

L'étage *n* engendre la coiffe, la coléorhize et l'épiblaste. L'origine de l'épiblaste (*eb*) aux dépens des cellules épidermiques de l'étage *n* se distingue nettement en 17 et 18. Les cellules centrales de cet étage, soudées supérieurement aux initiales de l'écorce, se multiplient par segmentations tangentielles et radiales et donnent naissance à un tissu peu étendu, de forme conique, qui représente la coiffe (*co*, *fig.* 19). Les éléments latéraux et inférieurs du même étage concourent à la formation de la coléorhize (*cr*). Les étages *o* et *p* restent composés d'éléments qui se multiplient peu; à leurs dépens se développe la portion la plus inférieure du proembryon, celle qui correspond au suspenseur et qu'on désigne généralement sous le nom d'hypoblaste (*hb*). Chez le *Poa annua*, les cellules de l'hypoblaste se distinguent par leurs grandes dimensions et l'accumulation de substances de réserve dans leur intérieur. Les limites des trois étages, *n*, *o* et *p*, aux derniers stades du développement, ne demeurent pas toujours bien distinctes.

En résumé, l'étude du développement embryonnaire, chez le *Poa annua*, permet d'établir la genèse, aux dépens des éléments proembryonnaires les plus jeunes, des régions fondamentales du corps de la plante et de ces productions surnuméraires qui rendent ordinairement si complexe l'embryon des Graminées. Connaissant l'origine exacte de ces régions ou de ces productions, on pourra plus aisément définir leurs homologies et déterminer les affinités avec les groupes plus ou moins voisins. Il apparaît déjà avec évidence que l'embryon du *Poa annua* vient surtout s'apparenter avec celui des Liliacées, puisque, dans les deux cas : 1° les règles qui président à l'édification du proembryon à seize cellules sont semblables; 2° le cotylédon tire son origine de l'étage *q* et l'axe hypocotylé de l'étage *m*. Les différences que l'on pourrait relever, quant à l'origine des diverses initiales au sommet radiculaire, ne peuvent entrer en ligne de compte, la question n'étant pas encore résolue, chez les Liliacées, avec toute la précision désirable.

(¹) J. Hanstein, *Die Entwicklung des Keimes der Monokotylen und Dikotylen* (*Bot. Abhandl.*, t. 1, p. 47, Bonn, 1870).

BOTANIQUE. — *Variations du seuil de condensation amylogène des plastes dans l'hypocotyle du Haricot.* Note de M. A. **Maige**, présentée par M. Marin Molliard.

J'ai montré, dans une Note antérieure, que les plastes d'une même cellule peuvent présenter des variations individuelles d'excitabilité amylogène, et que deux cellules voisines peuvent se distinguer par une excitabilité amylogène différente de leurs plastes. J'ai effectué de nouvelles expériences en vue de confirmer et de préciser ces conclusions en utilisant toujours comme matériel des embryons de haricot (sans cotylédons) cultivés sur du buvard humide à 20°.

Si l'on observe la germination de ces embryons, on constate qu'à la période de réaction amylogène, que j'ai étudiée précédemment, succède une seconde phase où les grains de nouvelle formation disparaissent peu à peu, ne laissant finalement subsister que des plastes non amylifères et une partie des plastes amylifères primitifs plus ou moins diminués de grosseur qui continuent à digérer leur amidon. A cette seconde période en succède une troisième où tous les plastes sont devenus non amylifères.

Si l'on prélève l'embryon au début de la troisième période et qu'on le couche sur du buvard mouillé d'une solution de glucose à 5 pour 100 ($t = 20°$), la diffusion établit une variation progressive de la concentration du sucre de la face inférieure à la face supérieure dans l'écorce et dans la moelle, ce qui permet d'étudier facilement l'apparition de l'amidon dans les cellules d'une même région soumises à des excitations décroissantes.

On observe ainsi que l'amidon peut être formé déjà dans l'endoderme sur tout le pourtour ou sur la plus grande partie de cette assise, alors qu'il n'existe encore que dans les cellules de l'épiderme et de l'écorce de la face au contact de la solution sur une faible partie de la section de l'organe. D'après ce qui vient d'être dit de la variation progressive du taux de sucre d'une face à l'autre, cette constatation implique pour les cellules endodermiques une excitabilité amylogène spéciale, plus grande que celle des cellules voisines de l'écorce et du péricycle, et qui se traduit, soit par un seuil de condensation plus bas, soit par un moindre intervalle (*temps de réaction*) entre le début de l'excitation efficace d'intensite supérieure au seuil de condensation et celui de l'apparition de l'amidon dans les plastes. La première hypothèse est nettement appuyée par ce fait, facile à observer dans la germination des embryons à réaction amylogène faible, que l'assise

endodermique, pourvue ou non de plastes amylifères, présente (soit seule, soit accompagnée de l'assise sus-endodermique) une réaction amylogène de tous ses plastes, alors que les assises contiguës de l'écorce n'offrent qu'une réaction tardive ou nulle, mais qui peut être hâtée ou provoquée en augmentant la teneur en sucre de ces cellules par culture sur une solution de glucose à 5 pour 100.

L'examen et la comparaison à divers intervalles de temps des cellules d'un même tissu, écorce ou moelle, permet de suivre la marche de la formation de l'amidon dans une cellule. On peut ainsi constater que l'apparition de ce dernier a lieu progressivement dans les divers plastes, et que le nombre des plastes amylifères, faible au début, va en croissant rapidement. Il en résulte que dans une cellule choisie à un stade convenable, il est possible de distinguer des plastes (parfois immédiatement voisins) d'apparition plus ou moins ancienne et d'évolution plus ou moins avancée. Cette distinction est facilitée par l'étude des caractères que présentent ces corpuscules au cours de leur développement amylogène. Ces plastes sont soit uniloculaires (à un seul grain) soit pluriloculaires (avec grain composé), la proportion de ces deux types variant avec les cellules et avec les embryons. Les plastes amylifères uniloculaires proviennent soit de l'activité d'un plaste entier sans amidon, soit de la séparation des loges d'un plaste pluriloculaire; leur évolution amylogène que l'on peut observer nettement sur certains embryons le fait par l'apparition à l'intérieur du plaste (parfois volumineux) d'un contenu amylacé peu condensé, teinté d'abord en brun très clair par l'iode; puis cette coloration s'accentue et il apparaît au centre du grain une zone plus condensée, se colorant en brun noir, et dont l'étendue faible au début augmente de plus en plus. Les divers grains des plastes pluriloculaires évoluent suivant le même processus.

Si au lieu d'expérimenter sur un embryon prélevé à la troisième période, on opère à l'aide d'un embryon prélevé à la seconde, on constate que les plastes sans amidon évoluent comme précédemment et que les plastes amylifères produisent deux types analogues : le premier pluriloculaire formé par développement d'une calotte ou d'une couronne de nouveaux grains, le second uniloculaire résultant de la formation autour de l'amidon primitif du plaste d'une zone amylacée homogène plus ou moins épaisse se distinguant facilement par sa coloration brun clair (par l'iode) qui tranche nettement avec la coloration brun noir de l'amidon ancien. On peut observer dans certaines cellules des plastes appartenant aux quatre types que je viens d'indiquer et d'apparition plus ou moins ancienne et dans un

voisinage immédiat des plastes d'une même catégorie ou de catégories différentes d'évolution plus ou moins avancée.

Est-il possible de préciser sur quelque point la nature de ces différences d'excitabilité amylogène qui existent entre les plastes d'une même cellule et qui ressortent des observations précitées?

Si dans l'expérience précédente on diminue l'excitation en employant une solution de glucose à 2,5 pour 100, on peut observer facilement après 18-24 heures des cellules de l'écorce où seuls un certain nombre de plastes non amylifères sont entrés en activité amylogène; les plastes amylifères qui ici n'ont pas réagi l'ont fait nettement dans les cellules, plus riches en sucre, voisines de la solution; ils possèdent donc vis-à-vis des autres au seuil de condensation plus élevé, dans les conditions physiologiques où se trouvent les cellules à cet état d'évolution de l'embryon.

Mais si l'hypothèse d'une différence de niveau du seuil de condensation semble nécessaire à l'explication de certains faits, il n'en résulte nullement qu'elle doive s'appliquer à tous. Rien ne s'oppose dans les observations précédentes, à ce que parmi les plastes d'une cellule, il y en ait qui diffèrent au point de vue amylogène par d'autres caractères tels que le temps de réaction ou l'intensité de cette dernière, peut-être même par la présence ou l'absence du *tonus* nécessaire à l'excitabilité. Il convient de s'en tenir en ce qui concerne les plastes d'une même cellule à la notion générale de différences d'excitabilité amylogène, qui est susceptible des modalités les plus diverses dans son application, en remarquant que l'une des formes sous lesquelles ces différences peuvent se traduire est la variation du seuil de condensation.

L'hypothèse d'un niveau de ce seuil plus bas que celui des cellules voisines est d'autre part nécessaire à l'explication du caractère spécial de la fonction amylogène dans les cellules endodermiques.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Anomalies des* Helianthus *issus de graines chauffées de* 120° *à* 150° C. Note de M. **Edmond Gain**, présentée par M. Molliard.

Dans des Notes antérieures ([1]), nous avons montré que le chauffage des embryons de Grand-Soleil de 120° à 150° C. laisse subsister leur activité végétative, mais que les plantules qu'on obtient sont carencées. Celles qu'il

([1]) *Températures ultra maxima supportées par les embryons d'*Helianthus annuus (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 631). — *Sur la résistance comparative à la chaleur des points végétatifs du grand soleil* (*Ibid.*, p. 1557). — Etc.

est possible d'élever en pleine terre avec des soins particuliers peuvent arriver à fleurir et donnent des capitules de 5 à 8cm de diamètre. Sur 40 individus environ qui ont été amenés à floraison, nous n'avons pas encore obtenu de graines bien venues issues de ces fleurs.

Est-ce la suppression de certaines vitamines essentielles qui rend impossible cette fructification? Nous considérons comme prématuré de répondre à cette hypothèse.

Dans la présente Note nous donnons, au point de vue morphologique les anomalies constatées dans des plantes carencées dont la taille a pu atteindre 1 à 2m de hauteur environ.

A. TIGES. — 1. Fasciation assez fréquente à quelques centimètres au-dessus des cotylédons, dès la base de la tige.

2. Fasciation en un point isolé de la tige parfois à 60 ou 80cm au-dessus du sol.

3. Fasciation sur des pétioles des feuilles.

Deux types de fasciations ont été observés : fasciation aplatie, la plus fréquente, et fasciation spiralée hypertrophiée.

4. Anomalies de ramification : Parfois un tissu de cicatrisation en bourrelet prend naissance sur l'embryon et donne deux pousses et par suite deux tiges équivalentes. Chacune de ces tiges peut être plus ou moins normale et indépendante. Il peut se produire en outre une languette foliacée.

5. La pousse qui sort de la graine peut consister seulement en un limbe pétiolé. Ce pétiole, plus ou moins long, prolonge la pousse et ne possède aucun bourgeon axillaire : cela donne l'aspect d'une phyllorhize théorique, dont la vie est parfois limitée à quelques semaines. Cette pousse est cylindrique puis prend un sillon médian marquant le haut du pétiole.

6. Au-dessous du point gemmulaire, détruit par la chaleur, un accroissement intercalaire peut donner une ou deux languettes ayant la forme de feuilles lancéolées très allongées et pouvant atteindre 5cm ou 6cm. L'une des deux peut cesser de se développer très jeune et périr. Celle qui subsiste porte comme un massif végétatif à la base, d'où part une tige du type normal. Là encore on évoque tout naturellement la notion dégagée par Chauveaud des deux premières phyllorhizes d'une plantule de Dicotylédone.

B. FEUILLES. — Les anomalies concernant les feuilles sont relatives à leur forme et à leur disposition phyllotactique.

Anomalies de forme. — 1. Asymétrie caractérisée par une denticulation localisée sur la moitié gauche ou droite de la feuille.

2. Feuilles divisées en deux lobes inégaux séparés par une échancrure médiane. Parfois on constate une nervation anormale, ou l'absence de nervation visible extérieurement.

3. Allongement de la feuille en forme de languette étroite verte à différenciation peu accusée.

Anomalies de disposition. — On a observé une grande variété de types individuels. Sur un même individu on peut voir une disposition d'abord alterne puis des verticilles de feuilles.

Le verticille peut être dimère puis trimère. On a aussi vu des tiges où les verticilles restent ou dimères ou trimères ou tétramères. Il apparaît donc un certain désordre dans la répartition des feuilles. Mais ici ces désordres restent distincts des manifestations de fasciation.

Il arrive parfois en morphologie que les faits tératologiques peuvent éclairer certaines théories de la morphologie normale, et inversement. Ici la théorie de la phyllorhize est en concordance avec les faits observables chez les plantules carencées d'*Helianthus*.

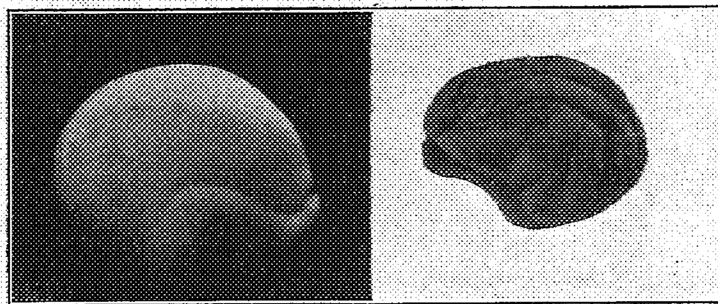
ANATOMIE COMPARÉE. — *Le cerveau de l'Ours à la naissance.* Note de M. R. ANTHONY et Mlle F. COUPIN, présentée par M. E.-L. BOUVIER.

Si l'on compare le cerveau d'un Ours (*Ours brun* ou *Ours blanc*) à la naissance à celui d'un autre Carnassier, ou, d'une façon plus générale, à celui d'un autre Mammifère à ce même moment, on constate qu'il est, aussi bien au point de vue pondéral qu'à celui des plissements qu'il présente à sa surface, extraordinairement peu développé.

Le cerveau des Ours nouveau-nés ne pèse pas plus de 6^g à 7^g. Il est, chez l'Ours brun par exemple, environ le $\frac{1}{60}$ de ce qu'il sera chez l'adulte. Ce même rapport atteint au contraire les valeurs approximatives de $\frac{1}{5}$ chez le Chat, $\frac{1}{2}$ chez les Ruminants (Cerf unicolor, Chèvre, Mouton, Mouflon d'Algérie), $\frac{1}{5}$ chez les Rongeurs (Rat et Lapin), $\frac{1}{2}$ chez le *Semnopithecus maurus* Desm., $\frac{1}{4}$ chez l'Homme ; pour lui trouver une valeur de $\frac{1}{60}$, il faudrait, dans ces différentes espèces, remonter très loin le cours de la vie intra-utérine.

D'autre part, si le rhinencéphale montre déjà, complètement individualisés, ses parties fondamentales et ses principaux sillons, le neopallium est complètement lisse, sauf qu'il présente sur la face interne de l'hémisphère une ébauche de calcarine, et, sur la face externe, une vague et obscure dépression située au niveau de l'angle de coudure des rhinales et dont la

limite supérieure correspond à la future suprasylvia. On sait que ces deux sillons, calcarine et suprasylvia, sont ceux qui, chez tous les Mammifères, se montrent les premiers au cours de l'ontogénie. Cette lissencéphalie à peu près complète de l'Ours à la naissance s'oppose à la grande gyrencéphalie des Canidés et des Félidés (voir la figure) nouveau-nés dont le cerveau possède déjà, comme celui des Ongulés et des Primates, tous ses plissements fondamentaux.



A gauche : face externe de l'hémisphère droit d'un cerveau d'Ours blanc nouveau-né.
A droite : face externe de l'hémisphère gauche d'un cerveau de Chat domestique nouveau-né.
Gr. × 1,5.

Si l'on veut exprimer brièvement ces caractères, on peut dire que le cerveau est, chez l'Ours nouveau-né, tant au point de vue de son poids qu'à celui de la différenciation de son manteau cortical, sensiblement au stade auquel il se trouve ailleurs au tiers de la gestation.

Ceci peut s'expliquer par le très faible poids de l'Ours à la naissance car l'on sait la relation étroite et constante qui existe, au cours de l'ontogénie individuelle, entre le poids du corps et l'état de développement du cerveau. Le poids d'un Ours brun ou d'un Ours blanc nouveau-né est à peu près le $\frac{1}{600}$ de celui de l'adulte. Ce rapport est de $\frac{1}{150}$ environ chez les grands Félidés, de $\frac{1}{50}$ chez les Canidés, de $\frac{1}{25}$ chez le Chat domestique. Chez les Ongulés, les Rongeurs, les Insectivores et les Primates, nous ne l'avons pas vu s'abaisser au-dessous de $\frac{1}{15}$.

Nous avons observé que d'une façon assez générale, toutes choses égales d'ailleurs (la gestation par exemple n'étant ni allongée ni raccourcie, et, les fœtus naissant dans le même état tant au point de vue anatomique qu'au point de vue physiologique), le poids somatique du nouveau-né est, dans un groupe mammalien homogène, par rapport à celui de l'adulte, en raison inverse de ce dernier, les animaux les plus gros ayant relativement

à eux-mêmes les nouveau-nés les plus petits. C'est, comme l'indiquent les chiffres que nous venons de donner, ce qu'on observe très nettement dans la série des Carnassiers où, de plus, la loi de Flourens (la durée de la gestation est en raison directe du poids somatique) se vérifie également, puisque l'Ours porte 180 jours, les *Felis leo*, *tigris*, *pardus* et *concolor* 108 jours, le Chien et le Chacal 60 jours, le Chat domestique 56 jours.

Il convient de noter avec soin qu'au point de vue des phanères, de même qu'à celui de l'ossification, l'Ours nouveau-né est dans un état très comparable à celui d'un Lion, d'un Chat, d'un Chien nouveau-nés; si, seul, le cerveau est manifestement en retard, c'est que, comme nous l'avons dit, durant tout le cours de l'ontogénie individuelle, son développement pondéral, de même que sa différenciation topographique, sont sous la dépendance étroite du développement de la masse du corps.

En résumé, le très faible poids et le peu de différenciation du cerveau de l'Ours nouveau-né sont en rapport avec sa taille réduite; et celle-ci est elle-même, au moins pour une très grande part, en rapport avec le grand poids somatique de l'Ours adulte.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Rendements énergétiques comparés dans le développement de moisissures aux dépens d'hydrates de carbone ou de protéiques et action dynamique spécifique.* Note de MM. **E.-F. Terroine**, **R. Bonnet**, **R. Jacquot** et **G. Vincent**, présentée par M. Guignard.

Les travaux de Terroine, Bonnet et Joessel (¹) ont établi que, dans la germination à l'obscurité et sur eau distillée, processus qui comporte essentiellement une néoformation de cellulose aux dépens des matières de réserve de la graine, le rendement énergétique, très élevé lorsqu'il s'agit de réserves hydrocarbonées (riz, sorgho), s'abaisse dans des proportions considérables lorsqu'on a affaire à des graines contenant des matières albuminoïdes (haricot, lentille).

Terroine, Bonnet et Joessel trouvent dans ce fait un élément de preuve en faveur de l'explication de l'action dynamique spécifique donnée par Rubner, à savoir que, chez les Homéothermes, la formation du sucre aux dépens des protéiques ne peut se faire sans réactions intermédiaires entraînant une perte d'énergie. Cette perte d'énergie s'observerait en effet dans

(¹) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 900.

tous les cas où il y a formation d'hydrates de carbone aux dépens des protéiques.

C'est dans le but de discuter cette hypothèse que nous avons étudié le développement de deux moisissures : *Sterigmatocystis nigra* et *Aspergillus Orhizæ*, ce développement comporte en effet comme processus prédominant la formation d'hydrates de carbone, la cellulose représentant 60 à 70 pour 100 du poids sec de mycélium formé. De plus, il permet une analyse plus exacte que la germination. Théoriquement, il faudrait pouvoir isoler la seule réaction considérée; cela est pratiquement à peu près impossible. Mais, tandis que dans le cas de la germination on part d'un mélange (réserves de la graine) pour aboutir à un autre mélange (plantule), dans celui du développement des champignons choisis on peut partir d'une unique substance organique. *St. nigra* et *A. Orhizæ* se développent avec la même rapidité dans un milieu salin contenant tantôt du sucre, tantôt une matière protéique.

Nous avons donc étudié le rendement énergétique de ces deux moisissures en appliquant la technique antérieurement indiquée par Terroine et Wurmser et en les cultivant tantôt sur glucose et tantôt sur solution de peptone de soie ou de gélatine.

La validité des résultats exige la satisfaction de deux conditions préalables :

a. Les manipulations effectuées ne doivent entraîner aucune perte d'énergie. Or, des recherches antérieures nous avaient montré qu'en culture sur glucose on réalisait le bilan énergétique à 6 pour 100 près; les recherches actuelles sur peptone nous ont apporté un résultat identique.

Exemple :

Énergie des aliments offerts		$3^{cal},8223$
Energie du résidu alimentaire	$2^{cal},726$	
Énergie du mycélium récolté	0 ,383	
Énergie correspondante au CO^2 rejeté	0 ,5408	
Énergie totale retrouvée		$3^{cal},6498$
Différence		$0^{cal},1725$ soit 4,5 pour 100

b. La composition du mycélium obtenu doit être la même dans tous les cas. C'est ce que permet d'affirmer la double identité de la teneur en N total et de la chaleur de combustion du mycélium. Ces valeurs que nous réunirons dans un prochain Mémoire, étant par ailleurs identiques pour les deux espèces, on doit donc s'attendre aux mêmes rendements dans les deux cas.

Les déterminations de rendement énergétique permettent l'acquisition de valeurs expérimentales d'une remarquable homogénéité, comme il est facile de s'en rendre compte par l'examen du tableau ci-après :

	Aspergillus Orhizæ.			Sterigmatocystis nigra.		
	Nombre de déterminations.	Valeurs moyennes.	Valeurs exp. extrêmes.	Nombre de déterminations.	Valeurs moyennes.	Valeurs exp. extrêmes.
Glucose + $SO^4(NH^4)^2$.	7	0,59	0,57-0,61	7	0,58	0,56-0,61
Peptone de soie.	6	0,37	0,35-0,38	7	0,38	0,34-0,43
Gélatine........	4	0,39	0,37-0,40			

Le simple examen des chiffres apporte l'entière justification du point de vue précédemment énoncé : le rendement énergétique est beaucoup plus élevé avec le glucose qu'avec les matières protéiques. Ainsi, on observe qualitativement les mêmes faits dans la couverture de la dépense énergétique des Homéothermes, dans la germination et dans le développement des moisissures. Mais ne peut-on aller plus loin et rechercher s'il n'existe pas une parenté quantitative. Or :

a. Dans le cas de la couverture des dépenses chez les Homéothermes, Rubner identifie 140^{cal} de protéiques à 106^{cal} de sucre, donc 100^{cal} de sucre correspondent à 132^{cal} de protéiques.

b. Dans le cas de la germination, la substitution de 22 pour 100 d'énergie sous forme protéique à des hydrates de carbone entraîne un abaissement de rendement de 11 pour 100; c'est dire qu'ici 100^{cal} de glucose correspondent à 150^{cal} de protéiques.

c. Enfin, dans le cas actuel, 100^{cal} font 58^{cal} de mycélium si elles sont offertes sous forme de glucose et n'en font que 39 si elles sont offertes sous forme de protéiques; 100^{cal} de glucose correspondent donc à 150^{cal} de protéiques.

Tous ces processus présentent donc des rendements extrêmement voisins et, si l'on observe une moindre valeur relative des protéiques dans les deux derniers cas, c'est qu'alors des réactions autres que la formation d'hydrates de carbone sont en jeu. Dans ces conditions, l'action dynamique spécifique nous apparaît bien comme un cas très particulier de la loi générale qui régit, chez tous les êtres vivants, les processus de formation des hydrates de carbone aux dépens des autres matières organiques.

Réunissant tous nos résultats antérieurement acquis et sous réserve des études actuellement en cours sur la transformation des graisses qui permettront sans doute un énoncé plus complet, nous proposons pour cette loi la forme partielle et provisoire suivante : *Chez tout être vivant, toute formation*

d'un hydrate de carbone entraîne une perte d'énergie extrêmement faible si elle se fait aux dépens d'un autre hydrate de carbone, plus élevée si elle a lieu aux dépens des graisses, considérable si elle s'opère aux dépens des protéiques. Les coefficients d'utilisation énergétique des hydrates de carbone et des protéiques sont entre eux environ comme 100 *à* 140.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Diffusion et généralisation de l'excitation dans les centres au cours de l'effort prolongé.* Note de MM. **Henry Cardot** et **Henri Laugier**, présentée par M. Charles Richet.

Cette Note a pour objet d'attirer l'attention sur un phénomène de diffusion et de généralisation de l'excitation dans les centres, phénomène qui se produit au cours d'un effort soutenu jusqu'à la limite des forces.

On peut le mettre en évidence de la façon simple suivante: on utilise un dynamographe quelconque, par exemple celui de M. Ch. Henry qui, comme on sait est constitué par une poire en caoutchouc pleine de mercure, reliée à un tube de verre vertical, dans lequel en comprimant la poire, on peut faire monter le mercure à des niveaux divers. On demande au sujet de fournir un effort peu intense mais de le soutenir jusqu'à la limite de ses forces; ainsi on lui demande, pour le modèle courant du dynamographe de faire monter le mercure à une hauteur de 20^{cm} et de l'y maintenir aussi longtemps que possible.

Dans ces conditions, soit par l'auto-observation si l'on est soi-même sujet, soit par l'enregistrement si l'on opère sur d'autres individus, on constate ce qui suit: Au début, le sujet soutient les 20^{cm} de mercure sans difficulté; seuls sont en état de contraction les muscles de l'avant-bras, qui concourent au travail exécuté, à savoir les fléchisseurs des doigts, les muscles de la main. Tous les autres muscles du corps sont au repos, ou tout au moins dans cet état complexe de tonus léger qui maintient, en rapport avec l'attitude, la station debout ou la station assise, suivant les conditions dans lesquelles on opère. Pouls et respiration sont sensiblement normaux.

A mesure que l'effort se prolonge, la fatigue apparaît. Pour maintenir le mercure au même niveau, le sujet a l'impression de faire un « effort » de plus en plus grand; il a d'une façon très nette la sensation que pour continuer à soutenir la même colonne de mercure, il faut que ses centres envoient aux muscles une commande de plus en plus intense; pour réaliser le même

effet, l'individu, à mesure que la fatigue progresse, doit mettre en jeu une « énergie nerveuse » de plus en plus grande (1).

Or, au fur et à mesure que le centre qui commande les muscles directement intéressés à l'effort fonctionne avec une activité de plus en plus intense, on observe de proche en proche que des muscles non directement intéressés entrent en contraction : d'abord les muscles des bras, puis ceux de l'épaule, puis ceux de l'autre bras, puis ceux de l'abdomen, puis ceux des membres inférieurs et même de la face. Si bien que si l'individu qui est sujet poursuit honnêtement son effort jusqu'à la limite de ses forces, au moment où il l'atteint on peut dire qu'il est en état de contraction généralisée : tête, tronc et membres; thorax immobilisé, pouls généralement accéléré (2).

L'explication la plus simple est la suivante : à mesure que le centre moteur supérieur qui commande le mouvement devient le siège d'une activité de plus en plus intense, l'excitation d'abord bien étroitement localisée à ce centre irradie dans les centres voisins, les atteint successivement, et diffuse de proche en proche, pour se généraliser finalement à tout l'organisme. On connaît les lois de localisation : symétrie, irradiation, généralisation pour les phénomènes réflexes. Lorsqu'on applique par sa voie sensitive, à un centre réflexe, des excitations d'intensité croissante, on obtient d'abord des réflexes étroitement localisés; puis l'augmentation fournie augmentant d'intensité, l'influx diffuse et l'on obtient des réflexes sur le côté opposé de l'animal, puis des réflexes généralisés, mettant en jeu des muscles très éloignés; inutile d'insister sur ces faits depuis longtemps classiques.

La théorie que nous proposons sur la diffusion de l'excitation au cours de l'effort prolongé n'est, en somme, que la transposition au domaine des centres supérieurs des lois bien connues sur les centres réflexes. L'excitation qui se développe dans les centres supérieurs lors des mouvements volontaires diffuse dans les centres voisins, au même titre que celle qui se propage dans les centres réflexes, lors de la mise en jeu des nerfs sensitifs.

Malgré la simplicité des conditions dans lesquelles on l'observe, malgré la portée qui paraît devoir lui être attribuée dans le fonctionnement général

---

(1) Ces termes de « commande nerveuse » et d' « énergie nerveuse » sont certes imprécis; nous les employons cependant, bien que nous soyons conscients de leur insuffisance, parce qu'ils correspondent à une expérience intime que chacun possède de façon non équivoque.

(2) M. Charles Richet a souvent constaté le même phénomène dans ses études ergographiques et dynamométriques (comm. orale).

des centres supérieurs, ce phénomène de diffusion de l'excitation ne paraît pas avoir été clairement aperçu par les auteurs classiques. Les médecins ont certes signalé à l'état normal ou pathologique, chez l'enfant surtout, mais aussi chez l'adulte, l'existence de mouvements associés de centres moteurs qui entrent en fonction simultanément hors de la volonté de l'individu; mais il s'agit là d'associations permanentes, dont le mécanisme est voisin mais différent de celui que nous décrivons. Parmi les physiologistes, il n'est guère qu'Exner qui ait incidemment signalé, dans un cas particulier, cette extension de l'excitation d'un domaine moteur à des domaines voisins. Et c'est en psychologie seulement, à propos de phénomènes différents d'ailleurs, que l'on trouve explicitée une théorie qui repose sur une diffusion progressive des excitations (Théorie de l'émotion de L. Lapicque.

Nous publierons ailleurs les graphiques qui mettent hors de doute les faits que nous venons de décrire et nous développerons les conséquences variées qui en découlent à divers points de vue (physiologie générale de l'effort, différences individuelles en ce qui concerne l'isolement des centres, relation entre ces différences individuelles et la fatigabilité des individus).

BIOLOGIE. — *Influence de la castration sur l'énergie nerveuse motrice.* Note de MM. **I. Athanasiu** et **A. Pézard**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Les recherches que nous avons poursuivies séparément, l'un (Pézard) sur l'hormone sexuelle et l'autre (Athanasiu) [1] sur l'énergie nerveuse motrice, nous ont conduits à ce travail, qui a eu pour but de chercher l'influence que peut avoir la castration sur l'énergie nerveuse motrice. Nos expériences ont été faites sur les chapons appartenant aux races suivantes : Leghorn doré et Leghorn blanc. Les coqs témoins étaient de mêmes races et autant que possible de même âge.

Technique. — Nous avons enregistré le courant d'action du muscle

---

[1] I. Athanasiu, *Journal de Physiologie et de Pathologie générale*, t. 21, 1923, p. 1-14, 15-29, 37-43 et 505-510.

gastrocnémien pendant la marche volontaire. Comme électrodes impolarisables nous avons employé les fils d'or ($0^{mm},4$ de diamètre) introduits, à l'aide d'une aiguille courbée, l'une dans le corps charnu du muscle, vers son équateur, l'autre dans le tendon. Ce petit traumatisme est assez bien supporté par les animaux en expérience, et la preuve en est donnée par leur marche qui n'est nullement troublée.

Quant à la technique concernant le galvanomètre à corde, l'inscription photographique, etc., nous renvoyons au Mémoire spécial publié par l'un de nous (Athanasiu) dans le *Journal de Physiologie et de Pathologie générale*, t. 21, 1923, p. 37-43.

Nous avons réuni dans le tableau suivant les résultats de nos expériences.

		Coqs.			Chapons		
		Oscillations			Oscillations		
Numéro d'ordre des expériences.	Race.	électro-musculaires (secousses musculaires).	électro-neuro-motrices (vibrations nerveuses).	Rapports des vibrations nerveuses aux secousses musculaires.	électro-musculaires (secousses musculaires).	électro-neuro-motrices (vibrations nerveuses).	Rapports des vibrations nerveuses (aux secousses musculaires.
I.	Leghorn doré..	93	400	4,3	120	352	2,9
		123	453	3,8	124	358	2,9
		111	413	3,7	120	350	2,9
II.	Leghorn blanc..	109	465	4,2	101	325	3,2
		122	480	4,0	94	341	3,6
		150	472	3,1	107	405	3,7
		119	419	3,5	108	368	3,4
		150	450	3,0	99	342	3,4
		164	533	3,2	93	349	3,7
III.	Leghorn doré..	107	502	4,7	97	382	3,9
		140	515	3,7	102	414	4,0
		103	457	4,4	99	414	4,1
		139	450	3,2	101	396	3,8
IV.	Leghorn doré..	109	468	4,3	113	443	3,8
		124	469	3,8	126	430	3,4
		114	483	4,2	124	383	3,1
		132	520	4,0	127	425	3,3
Moyenne générale..		124	467	3,8	109	381	3,4

L'examen de ce tableau montre que le nombre d'oscillations électro-neuromotrices est plus petit, de presque $\frac{1}{5}$, chez les chapons que chez les coqs; cette différence est moins prononcée pour les oscillations électromusculaires. Comme les premières de ces oscillations représentent les vibrations nerveuses et les secondes les secousses élémentaires du tétanos volontaire, il

résulte que le système nerveux se trouve beaucoup plus influencé par la castration que les muscles. Cette diminution dans le nombre des vibrations nerveuses motrices, après la castration, explique la différence de vivacité qui existe entre les mâles et les castrats, non seulement chez les oiseaux, mais aussi chez les chevaux, les bœufs, voire chez l'homme.

L'hormone sexuelle constitue donc un excitant des plus efficaces pour les neurones moteurs cérébro-spinaux, comme d'ailleurs pour d'autres organes, et surtout les glandes à sécrétion interne, qui ont un si grand rôle à remplir dans les échanges nutritifs. On sait, en effet, par les recherches de Heymans [1], que la castration diminue le métabolisme du coq, en nutrition normale, de 20 à 30 pour 100. La diminution de l'énergie nerveuse motrice, que nous avons trouvée, est presque de même ordre.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Expulsion des algues vertes symbiotes chez les* Convoluta roscoffensis, *sous l'influence de l'acide carbonique*. Note de Mme **Anna Drzewina** et M. **Georges Bohn**, présentée par M. Henneguy.

Un des traits dominants de la morphologie et de la physiologie des *Convoluta roscoffensis*, est que ce petit Turbellarié héberge en très grand nombre une algue unicellulaire du groupe des Chlamydomonadinées qui lui confère sa couleur verte bien connue. L'association entre la *Convoluta* et les cellules vertes qui l'envahissent peu après l'éclosion est généralement considérée comme un cas de symbiose (cependant, arrivée à la maturité, c'est surtout la *Convoluta* qui en bénéficie). Cette association est très intime, et Haberlandt, qui a essayé de cultiver les *Convoluta* dans de l'eau de mer additionnée de divers sels, favorable à la multiplication de l'algue, fait observer : « Il est remarquable que le Ver n'est pas en état de se débarrasser de l'excès de cellules chlorophylliennes en les rejetant. »

Au laboratoire de Concarneau, où nous avons cet été (août et septembre) continué à étudier l'influence de diverses substances chimiques sur les *Convoluta*, nous avons constaté que, sous l'action de certains acides, de l'acide carbonique en particulier, elles se débarrassent en peu de temps de

---

[1] C. Heymans, *Journal de Physiologie et de Pathologie générale*, t. 19, 1921, p. 323.

leurs cellules vertes et prennent l'aspect de Planaires blanches mouchetées de rouge.

Avec un appareil Kipp muni de flacons laveurs — qui fut obligeamment mis à notre disposition par M. Legendre, sous-directeur du laboratoire — nous faisions barboter CO^2 pur dans de petites quantités d'eau de mer qui arrivaient ainsi rapidement à saturation. L'eau saturée de CO^2 était versée sur des *Convoluta*, dans des verres de montre, dont on venait de décanter l'eau, opération facile, vu que les *Convoluta* adhèrent fortement au verre; l'expérienee portait en général sur une centaine de *Convoluta*, dans 2^{cm^3} d'eau (la température variait de 16° à 19°).

Aussitôt qu'elles sont ainsi exposées à l'action de CO^2, les *Convoluta* se contractent fortement, puis s'allongent et se mettent à tourner en rond. On n'observe généralement ni ruptures, ni cytolyses, si fréquentes avec d'autres agents (¹). Les animaux se rétablissent même assez bien, et conservent pendant une série de jours leur phototropisme positif (celui-ci habituellement disparaît assez vite quand atteinte est portée à leur vitalité). Mais, quelquefois, déjà au bout de 10 minutes, d'autres fois un peu plus tard, les *Convoluta* commencent à expulser leurs algues. L'essaimage en masse continue pendant les heures suivantes, de sorte que l'eau est toute chargée de cellules vertes, qui conservent pendant un certain temps leur aspect normal. Le lendemain, toutes les *Convoluta* sont plus ou moins décolorées, certaines complètement albinos, d'autres présentant des plages blanches et des plages d'un vert plus ou moins atténué et dont la distribution n'offre aucune régularité. L'essaimage dès lors s'arrête, et les *Convoluta* continuent à vivre, dans le verre de montre, pendant plusieurs jours, à peu près comme les témoins.

Or, à mesure que les *Convoluta* chassent ainsi leurs cellules vertes, on voit apparaître avec une grande netteté des cellules remplies de bâtonnets rouge orange. Ce n'est pas là une formation nouvelle. Les cellules à bâtonnets pigmentés (qu'il ne faut pas confondre avec les rhabdites) se rencontrent normalement dans l'épiderme. Mais, à moins de faire usage d'un grossissement convenable, les bâtonnets rouges ne sont guère apparents, tant sont abondantes les algues vertes du parenchyme. Après le départ des cellules vertes, les cellules rouges attirent d'autant plus l'attention que leur couleur paraît maintenant plus intense et leur nombre plus grand. Nous

(¹) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1023; t. 172, 1921, p. 485; t. 174, 1922, p. 330.

n'avons pas fait l'évaluation sur des coupes : le pigment rouge est très fragile et disparaît au cours des manipulations; mais, en examinant l'animal vivant, on a l'impression que les cellules rouges sont plus nombreuses qu'auparavant. Certaines *Convoluta*, surtout les jeunes, paraissent même toutes rouges; d'autres fois, l'extrémité postérieure (qui normalement est moins riche en bâtonnets que la tête) est d'un rouge intense, les cellules à bâtonnets y étant étroitement serrées les unes contres les autres; mais il y a des individus presque entièrement privés de pigment. Le rougissement est surtout prononcé chez les *Convoluta* maintenues à l'obscurité; il y a peut-être là une indication intéressante pour des recherches sur les processus d'excrétion chez les *Convoluta;* on connaît à cet égard le rôle des algues symbiotes qui utilisent les produits d'excrétion de l'animal (1).

Un point qui nous paraît important à noter est que l'essaimage de cellules vertes ne s'observe qu'au cas où l'eau, au début, est saturée d'acide carbonique. Si l'on diminue un peu le degré d'acidité, soit en n'opérant pas aussitôt, ce qui permet le départ d'une petite quantité de gaz, soit en ajoutant à l'eau saturée un peu d'eau ordinaire ($\frac{1}{10}$ par exemple), l'effet sur les *Convoluta* est nul. Il y a comme un point critique, que nous avons retrouvé avec d'autres acides, et qui est variable avec la nature de l'acide, et aussi avec le degré de salinité de l'eau, comme nous le montrons ailleurs (2).

BIOLOGIE. — *A propos de notre Note : Sur la participation d'une peroxydase à l'apparition du pigment chez la* Drosophila melanogaster *Lœw*. Note (3) de M. **de Luna**, présentée par M. Henneguy.

En 1896, G. Bertrand (4) trouva une diastase, qui, en agissant par oxydation sur la tyrosine, produit des composés colorés. Le nouveau ferment, désigné par lui sous le nom de *tyrosinase*, se trouve abondamment répandu tant chez les végétaux que chez les animaux.

Les recherches qui furent faites au point de vue chimique, à la suite de la découverte de G. Bertrand, sont fort nombreuses; citons, entre autres,

(1) R. Burian, *Die Excretion*, dans Winterstein, *Handbuch d. vergl. Physiologie*, 1913.

(2) *Comptes rendus Société de Biologie*, mars 1924.

(3) Séance du 25 février 1924.

(4) G. Bertrand, *Sur une nouvelle oxydase ou ferment soluble oxydant d'origine végétale* (*Comptes rendus*, t. 122, 1896, p. 1215).

celles de G. Bertrand lui-même et Bourquelot ([1]) chez les Champignons; celles de Biedermann ([2]), qui constata la présence d'une tyrosinase dans l'intestin du Ver de farine (*Tenebrio Molitor*); celles de von Furth et Schneider, qui émettent l'hypothèse que la mélanogenèse est due, chez les animaux, à l'action de la tyrosinase, bien qu'ils n'en aient pas trouvé le chromogène; celles de Przibram, qui trouve la tyrosinase chez les Céphalopodes, et de C. Gessard ([3]), qui l'y trouve aussi et constate, en outre, que, d'après l'hypothèse de G. Bertrand, la tyrosinase est accompagnée de la laccase et d'une autre diastase n'agissant que sous l'influence d'un composé peroxydé. C. Gessard ([4]), en étudiant la formation du pigment mélanique dans les tumeurs du Cheval, trouve comme chromogène la tyrosine. Ce même auteur ([5]), en 1904, rechercha et trouva la tyrosinase chez la Mouche dorée (*Lucilia Cæsar* L.) à toutes les phases de sa métamorphose.

D'après l'opinion de cet auteur, la tyrosine, ou l'un ou l'autre produit connexe, serait le chromogène sur lequel agirait la tyrosinase. Miss Durham ([6]) a extrait aussi de la peau de jeunes Mammifères une diastase qui agirait sur la tyrosinase en présence du sulfate de fer. Weindl ([7]) retrouve la diastase dans la peau et dans les yeux des Céphalopodes adultes, et Gortner, dans les téguments de la larve de *Tenebrio Molitor* et dans le

---

([1]) G. Bertrand et Bourquelot, *La laccase dans les champignons* (*C. R. Soc. Biol.*, 2e série, t. 2, 1895, p. 527).

([2]) Biedermann, *Beiträge zur vergleinchenden Physiologie der Verdauung* (*Pflüger's Arch.*, Bd 62, 1898, p. 105).

([3]) C. Gessard, *Sur les oxydases des Seiches* (*Comptes rendus*, t. 136, 1903, p. 631).

([4]) C. Gessard, *Sur la formation du pigment mélanique dans les tumeurs du Cheval* (*Comptes rendus*, t. 136, 1903, p. 1086).

([5]) C. Gessard, *Sur la tyrosinase de la Mouche dorée* (*Comptes rendus*, t. 139, 1904, p. 644).

([6]) Durham, *On the presence of the tyrosinase in the skins of some pigmented vertebrates* (*Proc. of the Royal Soc. London*, t. 74, 1904, p. 310).

([7]) Weindl, *Pigmententstehung auf Grund vorgebildeter Tyrosinasen* (*Arch. f. Entwicklungsmechan*, t. 23, 1907, p. 632).

Leptinotarsa deeemlineata. En 1915, Onslow nie les résultats obtenus par Miss Durham, mais en 1917, Bloch ([1]) découvre dans la peau humaine la dopaoxydase ou dopa; en 1920, Verne ([2]) constate, chez les Crustacés décapodes, la présence d'une tyrosinase, et de Coulon ([3]) isole des tumeurs mélaniques une oxydase qui agit sur les phénols en présence de l'eau oxygénée et détermine un précipité noir. Enfin, lors du récent « Congrès des Dermatologistes et Syphiligraphes de Langue française » tenu à Strasbourg (1923), Masson et Bloch étudient de nouveau le mélanogenèse dans les nævocarcinomes.

Dans notre Note antérieure ([4]) nous avons signalé la présence d'une oxydase dans le tégument de la Mouche du vinaigre *Drosophila melanogaster.* Il n'entrait alors dans nos intentions que de signaler l'intervention d'une oxydase dans l'apparition du pigment de ce Diptère; mais, ayant été informé des études de C. Gessard sur la Mouche dorée (*Lucilia Cœsar* L.), nous nous empressons de faire constater, en honneur de la priorité scientifique, que le fait d'avoir trouvé une tyrosinase chez la Mouche dorée appartient à l'auteur précité. Nous ne revendiquons pour nous que la priorité d'avoir découvert une oxydase dans la *Drosophila melanogaster* Lœw.

Nous pensons à l'identification de ce ferment avec la tyrosinase, laquelle, ainsi qu'on vient de le voir par le bref historique de la mélanogenèse ci-dessus exposé, est le ferment qui, uni à la leucobase ou chromogène, la tyrosine, parfois isolément et d'autres fois non, constitue la base de la mélanine. Nous ne l'affirmions point dans notre Note antérieure, car nous nous étions borné alors à rechercher les réactions générales des oxydases et des peroxydases, laissant pour plus tard l'identitfieaion chimique de la diastase ou des diastases (oxydase et peroxydase) et la détermination de la leucobase ou chromogène. Nous avons été guidé en

---

([1]) Bloch, *Das Problem der Pigmentbildung in der Haut* (*Arch. Derm. Syph.*, t. 124, 1917, p. 129).

([2]) Verne, *Étude histochimiqne de la formation de la mélanine chez les Crustacés* (*C. R. Soc. Biol.*, t. 83, 1920, p. 710).

([3]) De Coulon, *Étude du pigment d'un mélanome* (*C. R. Soc. Biol.*, t. 83, 1920, p. 1451).

([4]) De Luna, *Sur la participation d'une peroxydase à l'apparition du pigment chez la* Drosophila melanogaster *Lœw.* (*Comptes rendus,* t. 178, 1924, p. 525).

cela par un intérêt intimement lié aux études de l'hérédité mendélienne et à l'apparition des mutations si fréquentes dans la Mouche qui nous occupe. L'éclaircissement précédent étant fait, qu'il nous soit permis d'exposer les conclusions suivantes : 1° qu'une oxydase (probablement la tyrosinase) et une peroxydase interviennent dans la pigmentation de la *Drosophila* ; 2° que, ainsi que le démontrent les réactions de Röhmann et Spitzer, et celle de la benzidine avec l'eau oxygénée, la distribution de ces ferments est la même que celle qui apparaîtra ensuite dans le pigment, manquant dans les régions qui conservent la coloration que présentait primitivement l'imago, ou qui se pigmentent peu ; 3° que la vitesse de la pigmentation est une fonction de la température ; 4° que les anesthésiques retardent la fixation de l'oxygène sur l'accepteur incolore.

BIOLOGIE. — *Sur l'activité endocrine du testicule impubère chez les Gallinacés.* Note de M. **Jacques Benoit**, présentée par M. Widal.

Je résume, dans cette Communication, les résultats de recherches que j'ai entreprises sur l'action hormonique du testicule, avant la puberté [1]. J'ai choisi le Coq comme objet d'étude et la crête comme caractère sexuel indicateur de l'action hormonique testiculaire.

Parmi les auteurs qui ont étudié l'activité endocrine du testicule impubère chez le Poulet, je ne citerai ici que Des Cilleuls et Pézard. Des Cilleuls s'est contenté d'examiner histologiquement les glandes génitales, et il a constaté que « les caractères sexuels secondaires apparaissent alors que les tubes séminaux possèdent toujours leur structure embryonnaire » [2]. Pézard a pratiqué des castrations pré- et postpubérales [3], et il admet que les testicules n'ont aucune influence sur la crête avant l'apparition de la puberté : la crête du Poulet, pendant la période impubère, ne croît pas plus vite que l'ensemble de l'organisme (« croissance isogonique »). Mais à partir de la puberté, la crête prend un développement rapide ; elle croît

---

(1) Ces recherches seront publiées dans un autre Recueil.

(2) Des Cilleuls, *A propos du déterminisme des caractères sexuels secondaires chez les Oiseaux* (*C. R. Soc. Biol.*, t. 2, 1912, p. 371).

(3) J'emploie ici, entre guillemets, les expressions mêmes de cet auteur.

alors plus vite que l'ensemble de l'organisme (« croissance hétérogonique »). Son développement est « conditionné » par les glandes génitales qui viennent de franchir le seuil du « minimum efficace ».

J'ai utilisé pour mes recherches des Poulets de la race Leghorn. J'ai pratiqué des castrations uni et bilatérales très précoces, et j'ai comparé, comme l'a fait Pézard, le développement de la crête à celui de l'organisme tout entier, afin de voir si, dè l'éclosion à la puberté, la croissance de la crête est « isogonique » ou bien « hétérogonique ». J'ai pratiqué d'autre part l'examen histologique des testicules enlevés lors des expériences précédentes, et de testicules d'autres sujets témoins, sacrifiés à divers moments entre l'éclosion et l'époque de la puberté.

1° Sur 35 Leghorn dorés de la même couvée, et âgés de 19 et 20 jours, 3 mâles ont été castrés unilatéralement et 12 mâles et 14 femelles ont servi de témoins :

La croissance de la crête s'effectua dès le vingtième jour, chez les 3 castrés unilatéraux et les 6 mâles normaux, selon le mode hétérogonique. La croisance de la crête chez les mâles castrés bilatéralement devint au contraire immédiatement isogonique. La crête des femelles se développa également selon le mode isogonique. *Le testicule conditionnait donc déjà, chez ces Poulets de 20 jours, la croissance de la crête.*

Les testicules prélevés lors des opérations furent examinés histologiquement : ils possédaient la *structure embryonnaire* (petites et grandes cellules germinatives). Le tissu interstitiel glandulaire, relativement abondant, était constitué par des cellules chargées de substances lipoïdiques osmiophiles, et présentant les aspects caractéristiques de l'activité sécrétoire spéciale à la cellule interstitielle impubère. (Aspects divers, et abondance plus ou moins grande du chondriome.)

2° Un Poulet de la série précédente fut castré bilatéralement à 1 mois 4 jours. La croissance de la crête, nettement conditionnée jusqu'alors, fut suivie d'une régression, puis devint isogonique. L'examen histologique des testicules révéla, comme précédemment, une structure embryonnaire.

3° Des sujets mâles Leghorn dorés furent castrés à 3, 4 et 6 jours. La croissance de la crête s'effectua, à partir de ce moment, selon le mode isogonique.

4° Des mensurations très précises de la crête furent pratiquées sur 15 mâles et 13 femelles, quelques heures après l'éclosion. (Le sexe fut déterminé quelques jours plus tard par la laparotomie ou l'autopsie.) La crête était un peu plus développée chez les mâles que chez les femelles. Je ne

veux pas encore généraliser ce résultat, estimant que d'autres observations sont nécessaires. Je me contenterai d'émettre l'opinion que la crête du mâle Leghorn est peut-être déjà, à l'éclosion, sous l'influence d'un déterminisme testiculaire.

5° Des testicules appartenant à d'autres sujets, âgés de 1 et 2 mois, et dont la crête était plus développée que celle des femelles et des cascrats témoins, furent examinés histologiquement. Ils possédaient encore la structure de l'organe embryonnaire (petites et grandes cellules germinatives), et, dans quelques cas, de très rares spermatocytes.

Par conséquent les testicules du très jeune Poulet Leghorn conditionnent déjà la croissance de la crête, alors que leurs tubes séminaux ne possèdent encore qu'une structure embryonnaire. Cette conclusion n'est pas en harmonie avec celle de Pézard. Cet auteur écrit, dans le travail que j'ai cité plus haut, au sujet de la crête et des autres caractères sexuels conditionnés par le testicule : « Il semble bien que le testicule doive être développé pour que les caractères sexuels secondaires puissent commencer leur évolution. » Et ailleurs : « L'apparition de la puberté, dès le troisième mois, correspond au moment où les glandes reproductrices, en voie d'accroissement, franchissent le minimum efficace. Leur action, nulle auparavant.... » A la vérité la crête peut présenter, chez des races à développement sexuel particulièrement lent (Orpington), et même chez les races à évolution sexuelle rapide (Leghorn), dans certaines conditions (naissance tardive dans l'année, conditions atmosphériques défectueuses...) une croissance conditionnée très lente, ou même interrompue, pendant les premiers mois, pour se développer ensuite rapidement, aux approches de la puberté. Il n'en reste pas moins vrai que lorsque l'évolution sexuelle se fait dans de bonnes conditions, chez la race Leghorn tout au moins, la crête commence à croître très tôt sous l'influence du testicule, longtemps avant l'époque de la maturité sexuelle.

La crête du coq Leghorn ne constitue donc pas seulement — comme on l'admet généralement — un caractère sexuel secondaire, soumis à l'action endocrine du testicule pubère, mais aussi un caractère sexuel prépubéral ou « primaire » selon la terminologie d'Aron, puisqu'elle présente déjà, sous l'influence du testicule impubère, une croissance « conditionnée ».

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches biochimiques sur la nature et la quantité des principes hydrolysables par l'invertine et par l'émulsine, contenus dans quelques graines de Légumineuses.* Note de MM. **H. Hérissey** et **R. Sibassié**, présentée par M. L. Guignard.

Nous avons appliqué aux graines sèches d'une vingtaine d'espèces de Légumineuses la méthode biochimique de recherche, par l'invertine et par l'émulsine, des sucres et des glucosides éventuellement contenus dans ces graines et hydrolysables par ces ferments ([1]). Nous avons choisi, comme matière première, des graines non encore soumises à des investigations biochimiques de cet ordre, provenant, autant que possible, d'espèces appartenant aux diverses sous-familles et tribus des Légumineuses. Les semences ainsi étudiées sont celles de genêt à balais, de genêt d'Espagne, de fenugrec, de luzerne de Provence, d'anthyllis vulnéraire, d'indigo des teinturiers, de sainfoin d'Espagne, de sainfoin cultivé, de vesce d'hiver, de fève des marais, de lentilles et de pois variés, de jéquirity, de soja, de haricots variés, de fève du Calabar, de sophora du Japon, de févier d'Amérique, de copahier, d'acacia de Constantinople. Nous résumerons très brièvement les principaux résultats d'ensemble obtenus au cours de cette étude.

I. Comme cela a déjà été observé pour de nombreuses graines d'autres familles, contrairement à ce qui se passe généralement pour les organes végétatifs, les graines de Légumineuses ne contiennent pas de sucre réducteur ou n'en contiennent que des quantités infimes ne dépassant pas, en tout cas, $0^g,40$ pour 100^g de graines.

Lorsqu'on examine au polarimètre de Laurent, après défécation convenable, les solutions aqueuses des extraits obtenus des graines par l'alcool à 60^c bouillant, solutions préparées de telle sorte que 100^{cm^3} correspondent à

([1]) De nombreux travaux ont déjà été effectués, relativement aux sucres des graines de Légumineuses, soit que leurs auteurs aient utilisé des méthodes analytiques purement chimiques, soit qu'ils se soient servi des méthodes biochimiques instituées et répandues par Em. Bourquelot et ses élèves.

100g de graines sèches, on observe des déviations dextrogyres (¹) comprises, pour les diverses graines, entre $+5°$ à $+28°20'$ ($l=2$). Après action de l'invertine, ces rotations ont subi une diminution notable, mais sont toujours restées dextrogyres sauf dans le cas de l'acacia de Constantinople ($-30'$); dans nombre de cas, ces rotations dextrogyres restaient encore très élevés ($+16°10'$ pour le pois de Knight ridé, par exemple); elles dépassaient couramment $+4°$.

II. Ces observations doivent faire envisager la présence générale, dans les graines étudiées, de polysaccharides à fort pouvoir rotatoire dextrogyre, comme le stachyose (isolé déjà par G. Tanret des semences de haricot de Soissons, de soja, de lentille, de pois, de galéga, de trèfle rouge et de lupin jaune) et le raffinose (retiré par Bourquelot et Bridel de l'*Entada scandens* Benth. et de l'*Erythrina fusca* Lour.; le stachyose et le raffinose peuvent d'ailleurs être accompagnés de saccharose et, peut-être, d'autres sucres. Nous avons précisément tenté l'extraction des sucres de 16 graines choisies parmi celles mentionnées au début de cette Note. Ces recherches sont encore en cours; cependant nous avons déjà extrait, d'une part, du *stachyose*, des semences de fenugrec, de luzerne de Provence et d'indigo des teinturiers et, d'autre part, du *raffinose*, des graines d'anthyllis vulnéraire et de sainfoin d'Espagne; nous avons retrouvé le saccharose dans la plupart des graines examinées; ce sucre y avait d'ailleurs été antérieurement signalé, sauf, toutefois, à notre connaissance, dans les graines d'acacia de Constantinople et de jéquirity. Le raffinose peut être obtenu avec la plus grande facilité, par un traitement très simple, de la graine de sainfoin d'Espagne ou sulla, avec un rendement d'environ 10g pour 1000g.

(¹) Les semences de copahier ont seules fait exception à cette règle. Les graines étudiées, très anciennes, provenaient du laboratoire de M. Bois, du Muséum; elles étaient étiquetées : « *Copaifera officinalis* L., M. Nollet, n° 200, Martinique, 19 juin 1899. » Elles ont donné, dans les conditions énoncées, une rotation de $-28'$ ($l=2$) qui, après action de l'invertine, est devenue $-2°27'$ et que l'action de l'émulsine a ramenée ensuite vers la droite, tout en la laissant lévogyre. Des recherches spéciales nous ont d'ailleurs montré qu'il existe bien, dans la semence de copahier, au moins un *glucoside* dédoublable par l'émulsine en donnant de la coumarine. M. Guignard auquel j'avais fait part de cette observation m'a d'ailleurs informé qu'il avait depuis bien longtemps constaté la formation de coumarine à partir de la graine de copahier officinal. D'autre part, Heckel et Schlagdenhauffen (1893) ont indiqué la présence de coumarine dans les graines d'un copahier africain, le *Copaifera Salikounda* Heckel.

III. En présence de sucres, comme le raffinose et le stachyose, donnant par hydrolyse des produits intermédiaires (mélibiose ou manninotriose) éventuellement dédoublables par l'émulsine des amandes, la recherche des glucosides est entachée d'une certaine incertitude; néanmoins, dans le cas d'un retour de la déviation vers la droite des liqueurs essayées, la présence d'un glucoside peut être affirmée avec sûreté. Nous avons obtenu un tel résultat positif avec les graines de genêt à balais et de copahier.

IV. L'emploi de l'invertine permet une comparaison rapide et suggestive des quantités de polysaccharides attaquables par ce ferment, contenus dans les graines de variétés diverses d'une même espèce. Nous signalerons seulement, à titre d'exemple, que les liqueurs extractives ($100^{cm^3} = 100^g$) du pois merveille d'Amérique nain ont accusé une rotation initiale de $+28°20'$ ($l=2$) et une rotation de $+15°32'$ après action de l'invertine, tandis que le pois Michaux de Hollande à rames donnait respectivement $+13°5'$ et $+8°37'$. Nos recherches, sur ce sujet, ont porté sur treize variétés de *Phaseolus vulgaris* L., six variétés de *Pisum sativum* L. et quatre variétés d'*Ervum lens* L. Dans cette même direction, l'emploi des méthodes biochimiques d'analyse pourrait d'ailleurs être utilement généralisé, en vue de l'étude comparée des divers principes hydrolysables contenus dans les nombreuses variétés de fruits ou de légumes, se rattachant aux mêmes espèces végétales.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Action de l'insuline sur l'hyperglycémie caféinique.* Note de MM. **Henri Labbé** et **B. Theorodesco**, présentée par M. Charles Richet.

L'action de la caféine sur l'élévation du taux du sucre sanguin a déjà été constatée à diverses reprises. Jakoby, en 1893, avait observé l'apparition du glucose dans les urines après injection de caféine chez l'animal, sans rechercher son taux dans le sang. C'est Richter qui, le premier, en 1898, constata l'hyperglycémie caféinique. Pollak attribua cette action à une excitation sympathique centrale du foie. D'autres auteurs, parmi lesquels Nishi, l'expliquèrent par une influence d'origine surrénale.

Actuellement, la plupart des auteurs admettent, avec Bang, que le pouvoir hyperglycémisant de la caféine aurait un mécanisme analogue à celui de l'hyperglycémie asphyxique.

Nous avons fait une série d'expériences en utilisant d'abord le lapin; mais surtout le chien, en vue de comparer l'action hyperglycémisante de la caféine, à l'action de l'insuline qui, elle, amène régulièrement une baisse du taux du sucre sanguin.

L'insuline employée a été préparée par la maison Byla; quant à la caféine nous avons utilisé des ampoules à 0,25^{cg} de produit par centimètre cube, suivant la formule du Codex.

Les expériences faites sur le lapin ne nous ont pas permis de tirer, jusqu'à présent, une conclusion, en raison de la sensibilité marquée de cet animal pour la caféine; tous nos lapins succombèrent, en effet, dans des temps variables, mais en général assez rapidement, même après administration de doses modérées.

Les résultats sont beaucoup plus nets sur les chiens. Voici, résumés très succinctement, les faits qui nous paraissent se dégager de nos expériences (qui ont porté sur 14 animaux).

1. La caféine, injectée sous la peau à des doses variant entre 0,15^{cg} et 0,25^{cg} par kilogramme d'animal, élève la glycémie dans la proportion de 40 à 60 pour 100 environ.

L'acmé paraît être fixée vers la deuxième heure qui suit l'injection.

2. Si, concurremment à l'injection de caféine, on injecte à l'animal de l'insuline dans la proportion d'une unité physiologique pour 2^{kg} d'animal, on obtient une baisse de la glycémie. Les deux injections étant faites simultanément, c'est le pouvoir hypoglycémisant qui se manifeste; celui-ci, quoique moins intense qu'avec l'insuline seule, parvient néanmoins à masquer complètement l'action hyperglycémisante de la caféine.

Nous donnons ci-dessous, comparativement, le résultat de deux expériences (avec dosage du sucre sanguin toutes les 15 minutes, effectué par la méthode micrométrique de Bang, modifiée par l'un de nous avec Nepveux). Dans ces tableaux, le premier chiffre indique la glycémie (sur l'animal à jeun depuis 16 heures) avant l'expérience.

1° Chien de 8500^{g} : 0,70; 0,85; 0,91; 0,99; 1,12; 1,21; 1,29; 1,36; 1,18 (2^{g} de caféine). Mort 10 heures après.

2° Chien de 9500^{g} : 0,91; 0,87; 0,88; 0,63; 0,59; 0,56; 0,65; 0,74; 0,83 (2^{g},25 de caféine, 5 unités insuline). Survie.

3. Au cours de nos expériences, nous avons observé les faits suivants :

a. L'action toxique de la caféine sur le chien est très variable, à tel point que certains de nos animaux ont succombé avec 0,15^{cg} par kilogramme

tandis que d'autres résistèrent à l'injection de 0,25^{cg} de produit par kilogramme.

b. L'aspect extérieur et les réactions du chien ayant reçu de la caféine sont totalement différents de celui qui a reçu en même temps l'insuline.

Dans le premier cas (la caféine seule), avant que trois ou quatre minutes se soient écoulées, le chien manifeste un état d'agitation extrême, se débattant de toutes ses forces sous les liens qui le tiennent attaché; presque en même temps que l'agitation apparaît une hyperpnée des plus intenses, tandis qu'une salive fluide s'écoule en très grande quantité. Tout autre est l'aspect de l'animal qui a reçu de l'insuline en même temps que l'injection de caféine; ici, on n'observe aucune agitation, mais, tout au contraire, un état de dépression très marquée, allant jusqu'à la prostration; pas d'accélération des mouvements respiratoires; pas de salivation.

Le contraste de ces deux états s'est montré, dans toutes nos expériences, extrêmement frappant.

c. De plus, il nous a semblé que l'injection d'insuline exerçait un pouvoir presque antidotique sur l'action toxique de la caféine. Nous ne voulons pas, jusqu'à présent, faire état de ce dernier fait, à cause de la variabilité que nous avons rencontré dans la toxicité de la caféine. Toutefois, nous pensons qu'il serait intéressant de chercher à le vérifier, et nous nous proposons de le faire, en raison des conclusions importantes qui en découleraient, s'il était reconnu exact.

d. Nous avons dit que la plupart des auteurs, avec Bang, attribuent à l'hyperglycémie caféinique, le même mécanisme que celui de l'asphyxie.

Sans vouloir ni infirmer ni confirmer cette hypothèse, nous devons signaler que, contrairement à ce qu'on observe dans l'asphyxie, le sang des animaux caféinés, recueilli dans la veine, présente une coloration rouge, rutilante, et, en même temps, il est très fluide.

On est loin de l'aspect noirâtre et poisseux qui caractérise le sang des états asphyxiques.

Par contre, lorsque nos animaux avaient reçu de l'insuline en même temps que de la caféine, leur sang veineux était noirâtre, épais, poisseux.

On est donc en droit de supposer que les processus chimiques qui se produisent dans le sang au cours de l'intoxication caféinique sont très modifiés par l'action simultanée de l'insuline.

RADIOLOGIE. — *Influence des rayons X sur la catalase du foie.* Note de MM. A. **Maubert**, L. **Jaloustre**, P. **Lemay** et C. **Guilbert**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Poursuivant nos recherches sur l'influence des substances radioactives et des radiations sur la catalase du foie, signalées dans notre Note du 22 mai 1923 (1), nous avons entrepris l'étude de l'action des rayons X sur cette diastase.

Nous avons fait agir des rayons X d'intensité et de pénétration variables, pendant un temps également variable, sur une solution de catalase dont nous avons ensuite mesuré l'activité sur l'eau oxygénée par des séries de dosages au permanganate de potassium, en présence de témoins convenablement choisis.

Les premières expériences faites au moyen de très faibles doses de rayons X, peu intenses et pendant un temps très court (moins de cinq minutes), ont donné des résultats entièrement négatifs.

Dans une deuxième série d'expériences, nous avons disposé quatre boîtes de Pétri ouvertes de 18^{mm} de hauteur sur 80^{mm} de diamètre contenant chacune 20^{cm^3} de catalase au $\frac{1}{500}$ sous un faisceau de rayons X intenses à grande longueur d'onde, *peu pénétrants*, produits au moyen d'un faisceau de rayons cathodiques, intenses et lents.

Les constantes de l'ampoule productrice de rayons X pour cette expérience étaient les suivantes : Intensité employée, 1,3 milliampère; étincelle équivalente : 14^{cm}.

La radiographie du radiochronomètre de Benoit a donné à l'échelle de Benoit des rayons de 5° à 6°, c'est-à-dire de durée moyenne.

La durée d'irradiation a été respectivement pour chaque boîte de 5, 15, 30 et 60 minutes. L'épaisseur de la couche du liquide diastasique était de 7^{mm}, et la distance de l'anticathode à la surface libre du liquide de 28^{cm}. Le tableau suivant résume nos expériences :

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1502.

TABLEAU I.

	Ballons témoins.			Ballons expérience.			
	Témoin H^2O^2.	Témoin catalase bouillie.	Témoin catalase fraîche.	Ballons contenant 10^{cm^3} catalase préalablement irradiée pendant :			
				5 min.	15 m.	30 m.	60 m.
	cm³	cm³	cm³	cm³	cm³	cm³	cm³
Eau oxygénée neutre	40	40	40	40	40	40	40
Catalase au 1/500ᵉ	0	10	10	10	10	10	10
Eau distillée	160	150	150	150	150	150	150
Oxygène disponible du mélange total (en mg)	144	144	144	144	144	144	144
Oxygène dégagé du mélange total (en mg) après 30 minutes	0	0	93	86	86	82	66
Oxygène dégagé du mélange total (en mg) après 1 heure	0	0	121	115	114	113	96
Oxygène dégagé du mélange total (en mg) après 4 heures	0	0	144	144	144	144	140

Résultat. — On observe un ralentissement dans l'activité de la catalase qui va s'accroissant avec la durée d'irradiation.

Après 4 heures, la réaction n'est pas terminée dans le ballon correspondant à la catalase ayant subi 1 heure d'irradiation, alors que le dégagement d'oxygène est terminé dans le ballon témoin et dans ceux correspondant à une durée moindre d'irradiation du ferment.

Dans une deuxième série d'expériences, nous avons opéré avec un faisceau cathodique intense et rapide, producteur de rayons X intenses à courte longueur d'onde, *très pénétrants*.

Nous avons irradié pendant 45 minutes une ampoule de verre scellée contenant 20^{cm^3} de calatase au $\frac{1}{500}$; nous avons, ensuite, mesuré l'activité du ferment comparativement à celle d'un témoin. Les constantes pour cette expérience étaient les suivantes :

Intensité employée : 2 milliampères.

Étincelle équivalente : 40^{cm}.

La distance de l'anticathode à l'ampoule était de 25^{cm}.

On a utilisé un localisateur 6×8 et un filtre de zinc de $0^{mm},5$. Le tube contenant le ferment a été immergé dans l'eau distillée afin de récupérer les rayons dispersés.

La durée de l'irradiation a été de 45 minutes.

Le tableau suivant résume ces expériences et présente les résultats obtenus.

	Ballons témoins.			Ballon expérience.
	Témoin H^2O^2.	Témoin catalase bouillie.	Témoin catalase fraîche.	Ballon contenant 10$^{cm^3}$ catalase irradiée pendant 45 minutes.
	cm³	cm³	cm³	cm³
Eau oxygénée neutre	40	40	40	40
Catalase au 1/500ᵉ	0	10	10	10
Eau distillée	160	150	150	150
Oxygène disponible (en mg) du mélange total	144	144	144	144
Oxygène dégagé (en mg) du mélange total après :				
30 minutes	0	0	104	79
1 heure	0	0	125	92
1 heure 30	0	0	134	100
4 heures	0	0	144	119

Résultat. — Les rayons X pénétrants, à courte longueur d'onde, paralysent également la catalase (¹).

Conclusions générales. — Les rayons X exercent une action paralysante progressive sur la catalase du foie, paralysie qui s'accroît avec le temps et l'intensité de l'irradiation.

MICROBIOLOGIE. — *Action des divers constituants du bacille de Koch sur l'évolution de la tuberculose expérimentale du lapin et du cobaye.* Note de MM. A. **Boquet** et L. **Nègre**, présentée par M. Roux.

Les lipoïdes du bacille de Koch, solubles dans l'alcool méthylique et insolubles dans l'acétone, jouissent, ainsi que nous l'avons montré, de propriétés antigènes en ce sens qu'ils fixent l'alexine avec le sérum des tuberculeux et provoquent la formation d'anticorps chez le lapin neuf. Les corps bacillaires ont, *in vivo*, un pouvoir antigène plus élevé : injectés aux animaux, ils produisent davantage d'anticorps que l'extrait méthylique ; mais, *in vitro*, dans la déviation du complément, leur sensibilité est plus faible. Les graisses

(¹) Dans les deux séries d'expériences, se rapportant respectivement aux deux tableaux précédents, la catalase provenait de deux préparations différentes et son activité dans chaque cas n'était pas identique.

et les cires bacillaires solubles dans l'acétone sont de médiocres antigènes *in vivo* et *in vitro*, de même que les corps bacillaires dégraissés.

Ces résultats acquis, nous avons été conduits à rechercher quelle était l'action respective des constituants du bacille de Koch sur l'évolution de la tuberculose expérimentale des animaux de laboratoire.

A cet effet, plusieurs lots de lapins infectés par injection intraveineuse de $0^{mg},001$ de bacilles tuberculeux bovins, et de cobayes infectés par instillation oculaire de $0^{mg},5$ de ces mêmes microbes, ont reçu, huit jours après l'inoculation, et deux fois par semaine, les uns des injections sous-cutanées de 1^{cm^3} d'extrait méthylique de bacilles de Koch préalablement traités par l'acétone; d'autres 1^{cm^3} d'extrait acétonique (correspondant comme le précédent extrait à 1^{cg} de bacilles secs); d'autres 1^{mg} de corps bacillaires épuisés pendant douze heures par l'alcool méthylique dans l'appareil de Kumagawa, et une dernière série 1^{cm^3} de solution huileuse au $\frac{1}{100}$ de tuberculine brute.

L'extrait méthylique antigène, privé d'alcool par distillation dans le vide et émulsionné dans un même volume d'eau distillée, est bien toléré par les animaux tuberculeux. Convenablement épuré de ses matières grasses et cireuses par l'extraction acétonique préliminaire, il n'a aucune action locale ou générale.

Au contraire les graisses sont légèrement nécrosantes et les corps bacillaires, injectés sous la peau, provoquent la formation d'abcès de plus en plus volumineux, dans le pus desquels les bacilles se maintiennent très longtemps intacts et conservent leur acido-résistance.

Les animaux traités par l'extrait méthylique antigène ont survécu de un à cinq mois aux témoins, en se maintenant en bon état jusque dans les dernières périodes de leur maladie. Les cobayes présentaient généralement des lésions localisées aux ganglions lymphatiques et à la rate, et les lapins des tubercules pulmonaires moins confluents que chez les témoins; dans les autres organes, exceptionnellement atteints, on trouvait parfois des lésions en voie de sclérose.

La tuberculine et les corps bacillaires dégraissés se sont montrés sans effet sur l'évolution de la tuberculose des animaux de laboratoire. Ceux-ci sont morts dans les mêmes délais et avec les mêmes lésions que les témoins.

Quant aux graisses et aux cires bacillaires solubles dans l'acétone, elles accélèrent l'extension de la tuberculose à tous les organes, aux reins en particulier. Ces substances sont à tel point nuisibles que, si les extraits méthyliques en contiennent une trop forte proportion par suite d'une

extraction préalable insuffisante au moyen de l'acétone, ils n'agissent plus favorablement chez les animaux tuberculeux.

Il résulte de nos expériences que les *matières grasses et les lipoïdes du bacille de Koch ont des effets opposés sur l'évolution de la tuberculose expérimentale.* Alors que les graisses accélèrent l'extension et la généralisation des lésions, les lipoïdes insolubles dans l'acétone et solubles dans l'alcool méthylique ralentissent la marche de l'infection, retardent l'envahissement des poumons et, dans certains cas, favorisent l'apparition d'un processus cicatriciel de sclérose.

MICROBIOLOGIE. — *La fabrication du Port-du-Salut et des fromages façon Hollande* (Edam et Gouda). Note de M. **Mazé**, présentée par M. Roux.

La technique de la fabrication des fromages à pâte pressée, très simple dans son application au fromage du Cantal, se complique chez les autres variétés par la mise en œuvre d'un autre facteur : la chaleur.

Le chauffage méthodique du caillé préalablement divisé est poussé à des limites qui varient avec les sortes de fromages.

Dans la préparation du Port-du-Salut, le caillé rompu et divisé avec soin est brassé pendant toute la durée du chauffage, la température étant portée lentement de 30° à 35° et maintenue vers cette limite pendant le temps nécessaire pour la rétraction du grain. Le caillé séparé du sérum est moulé à la main et pressé à fond pendant quelques heures.

Le salage se fait immédiatement après le moulage, soit en immergeant les fromages dans la saumure, soit en les saupoudrant de sel; un troisième procédé tend à se répandre depuis quelques années, il consiste à plonger le caillé en grain dans une saumure dont le titre est calculé de manière à obtenir en quelques minutes le degré de salage voulu, environ 2 pour 100 du poids du fromage. On moule, presse et saupoudre ensuite légèrement de sel de façon à durcir et à imperméabiliser la croûte. Cette méthode offre peut-être des avantages, mais elle a aussi des risques; elle prive, en effet, le caillé d'une fraction importante de son sérum et le remplace par de l'eau salée. Il en résulte que la composition du milieu fermentescible est profondément modifiée; la fermentation lactique n'y trouvant plus la quantité normale de sucre de lait, n'évolue pas de la même manière; la pâte du fromage affiné est plus souple et plus onctueuse, mais plus insipide; cependant ces fromages, peu relevés de goût, plaisent à la clientèle des grandes villes à la condition qu'ils ne soient pas altérés par les fermentations nuisibles contre lesquelles ils se défendent mal.

Le fromage salé passe quelques jours au séchoir; il est ensuite soumis à l'affinage qui s'opère automatiquement sous l'action de la présure et des ferments lactiques; les

seuls soins dont il est l'objet consistent en retournements fréquents précédés d'autant de lavages au moyen d'une toile mouillée. La durée de l'affinage varie de un à trois mois suivant la température des caves.

Les fromages affinés conservent leur réaction acide, et comme ils ne doivent renfermer que des ferments lactiques, leur saveur rappelle nettement celle du beurre.

Cette fabrication s'est répandue dans toute la France au cours de ces dernières années; elle constitue, à l'heure actuelle, l'industrie complémentaire des fromages à pâte molle, mais elle est mal conduite dans bon nombre de fromageries.

Les principales causes d'insuccès sont :

L'acidité trop élevée du lait et la présence de nombreuses espèces de microbes nuisibles à côté des ferments lactiques.

La contamination du caillé pendant le moulage à la main, le personnel employé au travail des caves étant aussi chargé, dans la plupart des fromageries, du remplissage des moules. Le caillé se trouve ainsi ensemencé d'une façon massive par les microbes qui forment la couche gluante dont se recouvrent les fromages lavés.

Il n'est donc pas étonnant que les fromages deviennent le siège de fermentations variées, toutes nuisibles, puisque aucune d'entre elles ne peut être indifférente et que la fermentation lactique seule est utile et indispensable.

Parmi ces transformations nuisibles, il y en a qui produisent de l'hydrogène et du gaz carbonique en abondance, gonflant ainsi les fromages jusqu'à les faire éclater, alors qu'ils devraient être rigoureusement exempts de trous. Les mauvais goûts et odeurs les plus fréquents sont l'amertume, l'odeur de linge fermenté, de putréfactions variées. La pâte présente même quelquefois une teinte verdâtre qui brunit à l'air, et cette maladie aussi est due aux microbes fluorescents de la couche superficielle qui ont été introduits dans le caillé pendant la mise en moule.

Les mêmes accidents de fermentation s'observent aussi chez les fromages façon Hollande fabriqués en France et dont le mode de préparation se rapproche beaucoup de celui du Port-du-Salut pour ne pas dire qu'elles sont identiques.

J'ai eu l'occasion de m'occuper spécialement de la mise au point de cette fabrication dans la région du Sud-Ouest où l'on consomme beaucoup de fromages de Hollande.

J'ai pu constater que la mauvaise qualité du lait paralysait tous les efforts des fromagers; malgré toute leur application, les fromages gonflaient sans mesure, sans compter les accidents produits par nombre d'autres espèces microbiennes nuisibles.

Tous ces défauts ont été supprimés par la pasteurisation du lait et son ensemencement par des levains lactiques purs entretenus sur place grâce à l'installation d'un outillage approprié. Pour donner à la pâte de la souplesse et un toucher onctueux, j'ai associé aux ferments lactiques de la crème et du beurre le ferment lactique du gros lait de Bretagne (Gweden), qui possède la propriété de rendre le lait épais et visqueux, exactement comme le microbe du « lang wei » autrefois recherché par les fromagers hollandais.

La même méthode est applicable naturellement à la fabrication du Port-du-Salut et permet de la conduire avec toute la sécurité désirable. Ceci posé, les constantes de la fabrication du Port-du-Salut et des fromages façon Hollande sont les suivantes :

Quantité de levain lactique pur titrant 10^g d'acide lactique au litre, pour 100 litres de lait frais ou pasteurisé	1 litre
Température du lait à la mise en présure	30°
Présure, quantité suffisante pour assurer le début de la coagulation en	10 minutes
Durée totale de la coagulation	20 minutes
Température limite du chauffage du caillé	35°
Durée minima du brassage de 30° à 35°	15 minutes

Le caillé doit être divisé avec soin de façon à obtenir un grain homogène. La forme pratique à adopter est la forme du Gouda (fromage cylindrique de 5 à 10^{cm} d'épaisseur, à talon arrondi) permettant de faire des fromages pesant de 5 à 30^{kg} et de réduire par conséquent la main-d'œuvre.

Il faut renoncer aussi à ces vieilles pratiques du lavage et les remplacer par des badigeonnages à l'huile de lin, dès que le taux d'humidité du fromage est arrivé à son degré normal 35 à 38 pour 100.

BIOLOGIE DES SOLS. — *Les microsiphonées* (¹) *du sol.*

Note de M. G. GUITTONNEAU, présentée par M. Lindet.

Divers isolements bactériologiques, pratiqués en décembre 1923 et janvier 1924, sur des terres de jardins ou de champs cultivés, en utilisant des milieux gélosés à base d'extrait de terre ou mieux de solutions minérales

(¹) Au point de vue de la classification j'abandonne les termes *Streptothrix* ou *Actinomyces* et je me conforme dans ce travail aux principes posés par le Congrès de Bruxelles, 1910, en préparation du Congrès de Londres, 1915.

mannitées et additionnées d'asparagine, m'ont toujours donné un nombre considérable de colonies dues à des *microsiphonées*.

On ne peut obtenir aucune précision en prenant ces isolements pour base d'une numération, quand il s'agit de ces microorganismes, sporulés ou non, et dont le mycélium se divise au cours des dilutions, en fragments qui forment bouture dans le milieu nutritif. Mais, si l'on tient compte du fait que, dans une telle numération, les microsiphonées, de variétés d'ailleurs fort diverses, forment plusieurs millions de colonies pour 1g de terre, on doit cependant admettre que les espèces qui constituent ce groupe de végétaux inférieurs sont très répandues dans le sol en automne et au début de l'hiver, alors qu'il est abondamment pourvu en matière organique (fumures d'automne; feuilles mortes).

Les sept espèces que j'ai examinées doivent être rangées dans le genre *Nocardia*. Elles se rapprochent, par leurs caractères culturaux et microscopiques, de celles qu'ont décrites, en 1892, MM. Sauvageau et Radais sous les noms d'*Oospora Witchnikowi* et d'*Oospora Guignardi*.

Bien que les supports solides favorisent leur développement, elles peuvent végéter dans les milieux liquides où elles donnent des cultures floconneuses.

Elles s'accommodent de préférence de la neutralité ou d'une légère alcalinité du milieu ($P_H = 7,3$ à $7,8$). Mais elles ont encore une végétation satisfaisante, quoique ralentie, sur des milieux de $P_H = 5,5$, dont la réaction correspond à celle des *terres* dites *acides*.

Certaines espèces sont capables de s'attaquer aux matières azotées complexes telles que la gélatine qu'elles liquéfient ou la caséine du lait qu'elles digèrent progressivement.

Toutes trouvent dans la peptone un excellent aliment organique qui, additionné à un milieu minéral convenable, suffit, en général, à leur assurer un actif développement, en milieu neutre à la phtaléine.

Je me suis proposé de comparer l'action des espèces étudiées sur la matière organique dans un milieu plus complexe, de $P_H = 5,5$ (réaction des terres acides), constitué par du bouillon de haricots peptoné à 1 pour 100 et additionné ou non de 2 pour 100 de glucose. Les cultures pures ont été maintenues à l'étuve à 25°, de 20 à 24 jours.

Dans le but unique d'établir la comparaison envisagée, et bien que le

procédé ne soit pas rigoureux, je me suis contenté de mesurer la proportion d'azote dégradé de la peptone en dosant l'ammoniaque qui distille de la culture, à 100°, en présence d'un excès de magnésie. Cet azote ammoniacal est exprimé en milligrammes d'azote pour 100^{cm^3} de culture. Le glucose est dosé par la méthode de G. Bertrand, et il est exprimé en grammes pour 100^{cm^3} de culture. L'acidité est exprimée en centimètres cubes de soude $\frac{N}{10}$ pour 10^{cm^3} de culture. Les résultats sont les suivants :

	Sans glucose.		Avec glucose.		
	Acidité.	Azote ammoniacal distillé.	Acidité.	Azote ammoniacal distillé.	Glucose restant.
Témoin ...	1,1	2,8	1,3	3,5	2,1
N° 1......	alcalin	35,7	1,0	21,7	1,9
N° 2......	2,4	16,3	1,1	7,0	2,1
N° 3......	1,2	14,9	3,1	8,4	2,1
N° 4......	0,9	38,6	2,0	3,5	2,0
N° 5......	alcalin	36,9	1,8	6,3	2,0
N° 6......	alcalin	42,9	0	42,7	0
N° 7......	0,7	18,7	2,0	6,3	2,1

On voit ainsi que, si l'espèce n° 6 attaque les protides et les glucides à la manière d'une moisissure, les autres se comportent différemment vis-à-vis de ces substances. Dans les conditions de mes expériences, un glucide comme le glucose, auquel d'ailleurs elles ne s'attaquent pas, les gêne considérablement dans la dégradation qu'elles font subir à la matière azotée. Il semble qu'elles poussent cette dégradation jusqu'au terme acides aminés ou jusqu'au terme ammoniaque.

Les espèces n° 3 et n° 4 brunissent fortement et finissent par noircir les milieux peptonés. Elles brunissent également le bouillon de haricots, sucré, gélosé, additionné de tyrosine. On peut donc présumer dans ces brunissements, qui rappellent celui du terreau, l'action de la tyrosinase ou d'autres diastases oxydantes analogues.

Cultivées sur bouillon de haricots sucré, additionné de 2 pour 1000 de nitrate de potasse, les espèces n° 1, n° 2, n° 3, n° 4, n° 6 et n° 7 y font, en quelques jours, apparaître fort nettement les réactions des nitrites ; au bout de 6 jours on peut, en outre, avec l'espèce n° 7, mettre en évidence

la production d'ammoniaque. Les microorganismes sont donc des *dénitrifiants*.

La plupart de ces espèces végètent, comme l'Azotobacter, sur un milieu minéral mannité, gélosé, dépourvu d'azote combiné. Il n'est donc pas impossible qu'elles puissent, seules ou associées avec d'autres organismes, jouer un rôle actif dans la fixation de l'azote gazeux, plusieurs fois signalée dans l'humification.

Conclusion. — En dehors du rôle qu'elles peuvent jouer en association symbiotique avec les plantes des terres humifères, comme en dehors de leur rôle parasitaire, les *microsiphonées* sont donc capables d'intervenir dans la plupart des grands phénomènes de la biologie des sols, et en particulier de l'*humification*.

MÉDECINE. — *Les fonctions des capillaires sanguins.* Note de M. A.-C. Guillaume, présentée par M. d'Arsonval.

Il est possible, à l'aide d'une instrumentation très simple, d'observer les petits vaisseaux superficiels de la surface tégumentaire de l'homme vivant.

Cette méthode nouvelle, la *capillaroscopie* ou *microangioscopie* donne des renseignements sur l'aspect des petits vaisseaux (artériolules, capillaires, veinules) comme sur les phénomènes circulatoires qui se produisent à l'intérieur de ces vaisseaux. J'ai, ailleurs, fait l'étude de ces problèmes et proposé une instrumentation, à la fois simple et précise, de microangioscopie.

La présente Note est consacrée à l'étude d'un phénomène très particulier du fonctionnement capillaire.

Quand on observe la circulation sanguine à l'intérieur des capillaires, on voit, et ce phénomène est particulièrement net dans la région du rebord unguéal, que *la circulation dans les capillaires n'est pas un phénomène continu.*

L'observation d'une anse capillaire montre, en effet, que le sang se meut d'une façon irrégulière dans le temps, et que le cycle circulatoire passe par les quatre phases successives suivantes :

1° Ralentissement progressif du courant circulatoire ;

2° Arrêt du courant sanguin et apparition des mouvements de va-et-vient analogues aux mouvements pendulaires de l'intestin ;

3° Reprise du mouvement circulatoire avec accélération progressive du passage du sang ;

4° Circulation très rapide du sang.

Dans la période de circulation active le sang est plus rouge, dans la période d'arrêt le sang prend une teinte violette.

La durée des périodes de circulation active et d'arrêt de la circulation dans les capillaires est variable avec les conditions physiologiques et pathologiques; en d'autres termes, en désignant par x la durée d'une période de circulation active, et y la période de circulation ralentie ou arrêtée, la formule $\frac{x}{y}$ varie notablement suivant les conditions dans lesquelles est placé le sujet ; par contre, la formule $x + y$ ou durée totale d'un cycle circulatoire capillaire semble varier dans de bien moindres proportions.

Une série de conditions expérimentales ou pathologiques spontanées modifient le rapport $\frac{x}{y}$; en fait, tous ces facteurs peuvent être ramenés à l'intervention des processus de vaso-constriction et de vaso-dilatation. Dans l'état de vaso-constriction le rapport $\frac{x}{y}$ s'abaisse; dans l'état de vaso-dilatation il s'élève. Les deux limites possibles aux variations de cette formule sont évidemment (le temps total $x+y$ étant égal à 1) pour la vaso-conctriction $\frac{x}{y} = \frac{0}{1}$ et pour la vaso-dilatation $\frac{x}{y} = \frac{1}{0}$. Ces deux limites sont atteintes pratiquement dans certains états locaux (froid extrême dans le premier cas, forte chaleur dans le second cas).

Un autre fait est digne de remarque : quand on observe une série de capillaires contigus, on voit (1) que, dans une série de trois ou quatre anses contiguës; une seulement travaille à plein, les autres étant à des phases différentes du cycle circulatoire; c'est là, semble-t-il, une conséquence du fait précédent exposé; en fait, il semble qu'un autre phénomène doive être isolé : en effet, à certains moments ou dans certaines conditions (physiolo-

(1) Il faut tenir compte de l'inversion de sens du courant sanguin dans des capillaires contigus.

giques ou pathologiques) certaines anses capillaires cessent complètement d'être visibles et tout se passe comme si l'admission du sang dans les capillaires était bloquée; à d'autres moments (afflux sanguin) ces anses reparaissent, il est en tout cas aisé de les faire apparaître en déterminant, par une légère constriction du membre, une stase veineuse.

L'aspect de ces phénomènes montre donc que tout se passe dans les capillaires comme dans les réseaux d'irrigation de certaines régions du Nord : si la quantité d'eau dont on dispose diminue, les canaux sont, à tour de rôle, fermés pendant un certain temps jusqu'à l'assèchement; si, au contraire, l'eau est abondante et les besoins très importants, tous les canaux sont pleins et débitent au maximum.

Ces constatations appellent plusieurs conclusions. On considère actuellement la capacité du système circulatoire comme s'accroissant du cœur aux capillaires pour décroître ensuite, la capacité maxima étant atteinte dans le système capillaire; or, il s'agit là d'estimations anatomiques, c'est-à-dire d'estimations cadavériques; les constatations précédentes montrent au contraire que la *capacité réelle*, la capacité physiologique (*in vivo*) des capillaires, est autre, ayant évidemment un maximum représenté idéalement par la *capacité anatomique* et un minimum qui correspond au maximum physiologique de restriction circulatoire.

Entre ces deux extrêmes, et suivant les conditions physiologiques ou pathologiques, la capacité capillaire variera.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sensibilisation anaphylactique par voie oculaire*. Note de MM. **Auguste Lumière** et **Henri Couturier**, présentée par M. Roux.

L'expérience a montré que, pour créer l'état anaphylactique chez l'animal, il fallait faire pénétrer dans son organisme une substance de nature protéique, étrangère à la constitution de ses tissus et de ses liquides humoraux.

A l'état normal, le milieu intérieur des animaux est protégé contre cette pénétration, grâce aux revêtements tégumentaires et muqueux, dont les couches cellulaires superposées forment une sorte de filtre qui s'oppose au passage des gros éléments moléculaires composant les matières albuminoïdes sensibilisatrices.

L'état anaphylactique ne peut s'établir, en général, que si la barrière

cutanée ou épithéliale perd sa continuité, à la suite d'un traumatisme ou d'une inflammation, par exemple.

C'est pour cette raison que les tentatives de sensibilisation poursuivies par divers auteurs, en donnant des protéines par ingestion, ont échoué dans la grande majorité des cas. Les quelques résultats positifs peuvent s'expliquer par le fait que les sujets chez lesquels ils ont été constatés présentaient vraisemblablement quelque lésion des revêtements protecteurs.

On peut se demander cependant si certaines régions de l'organisme qui ne sont pas habituellement en contact avec des matières albuminoïdes ne présenteraient pas, pour ces composés, une perméabilité particulière plus grande que celle des muqueuses du tube digestif. C'est, en effet, ce qui semblerait se produire, d'après Arloing et Langeron, quand on imprègne les voies respiratoires de sérum d'une autre espèce animale ou de peptone.

Considérant, d'autre part, la constance avec laquelle on réussit à tuberculiser des cobayes en déposant sur leur conjonctive une seule goutte d'une émulsion diluée de bacille de Koch, nous avons supposé que si des éléments relativement aussi volumineux que le bacille tuberculeux pénètrent infailliblement dans l'intimité des organes internes par cette voie, les molécules protéiques, considérablement plus petites, pourraient aussi y parvenir, à la faveur de ce pouvoir d'absorption remarquable de l'épithélium palpébral et oculaire.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons traité un lot de cobayes en instillant dans l'œil de chacun d'eux une goutte d'une solution d'ovalbumine à 10 pour 100. Onze jours plus tard, les animaux ainsi préparés ont reçu, par injection intracardiaque, 1^{cm^3} du même antigène, dilué à 5 pour 100, soit 5^{mg} d'albumine, dose toujours mortelle pour les cobayes sensibilisés par voie sous-cutanée et toujours inoffensive pour les sujets témoins.

Dans ces conditions, les animaux soumis préalablement à l'instillation oculaire présentent, la plupart du temps, quelques symptômes de choc, quelques convulsions, avec une mort, en moyenne, sur cinq cobayes traités.

Avec une imprégnation unique, la sensibilisation paraît bien avoir été réalisée, mais non d'une façon constante.

En répétant les instillations à trois reprises, à une semaine d'intervalle, l'anaphylaxie s'établit chez tous les animaux. L'injection seconde, pratiquée dans le cœur gauche, 29 jours après le premier traitement et 14 jours après le dernier, détermine la mort en 3 à 10 minutes dans 60 pour 100 des cas environ; quelques autres animaux succombent plus tardivement, de 12 à

24 heures après l'injection déchaînante et ceux qui survivent présentent des symptômes de choc grave.

Sans conduire à la régularité complète des effets que l'on observe dans la sensibilisation par injection sous-cutanée, l'imprégnation par voie oculaire permet donc cependant de conférer l'état anaphylactique d'une manière certaine, mais à des degrés quelque peu variables, quand on passe d'un animal à l'autre et malgré les précautions prises pour opérer toujours avec la même technique.

A 16 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place vacante parmi les Académiciens libres par le décès de M. *A. de Gramont*, présente, par l'organe de M. le Président de l'Académie, la liste suivante :

En première ligne	M. **Alexandre Desgrez.**
En seconde ligne, ex æquo, par ordre alphabétique	MM. **Charles Achard**, **Jean Charcot**, **Louis Martin**, **Henri Pottevin**, **Paul Séjourné.**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17 heures.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de janvier 1924.

Flora baleasica, étude phytogéographique sur les îles Baléares, par Herman Knoche. Montpellier, imprimé pour l'auteur, chez Roumégous et Déhan, 1921; 4 vol. et une liste alphabétique, 25^{cm}. (Présentés par M. H. Lecomte.)

Anciens problèmes, solutions nouvelles, par M.-L. Patrizi. Récanati, Simboli, 1923; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. Ch. Richet.)

Marine products of commerce, par Donald K. Tressler. New-York, Chemical Catalog. Company, 1923; 1 vol. 23^{cm}.

Encyclopédie pratique du naturaliste; Les insectes parasites de l'homme et des animaux domestiques, par E. Séguy. Paris, Lechevalier, 1924; 1 vol. 16^{cm}. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

L'analyse des gaz combustibles, par Enrique Hauser. Paris, Masson et Cie, 1923; 1 fasc. 22^{cm}. (Présenté par M. Moureu.)

Cours d'électricité à l'usage de l'enseignement supérieur, scientifique et technique, par G. Bruhat. Paris, Masson et Cie, 1924; 1 vol. 24^{cm}. (Présenté par M. Brillouin.)

Communications et mémoires de l'Académie de marine; tome Ier, 1922. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1923; 1 vol. 25^{cm}. (Hommage de M. Laubeuf.)

Cinquanta anni di Storia italiana. Milano, Ulrico Hœpli, 1911; 3 vol. 27^{cm}.

Die rätische flora der kohlengruben bei Stabbarp und Skromberga in schonen, par Nils Johansson. Stockholm, Almqviet et Wiksells Boktryckeri-A.-B., 1922; 1 fasc. 31^{cm}.

Sur le calcul des grandes trajectoires des projectiles, par le comte de Sparre. Paris, Gauthier-Villars et Cie, et Louvain, F. Ceuterick, 1923; 1 fasc. 25^{cm}.

(*A suivre.*)

ERRATA.

—

(Séance du 4 février 1924.)

Note de M. *Charles Henry*, Sur la fonction $\Delta\lambda = \varphi(\lambda\theta)$ de la théorie du rayonnement :

Page 559, ligne 3 en remontant, *au lieu de* R, *lire* k.

Page 560, ligne 1 et au dénominateur de (1), *au lieu de* R, *lire* k; ligne 7, *au lieu de* ε_u, E_u, *lire* ε_λ, E_λ; formule (2), *au lieu de* —, *lire* + devant le dernier terme.

(Séance du 25 février 1924.)

Note de MM. *L. Escande* et *M. Ricaud*, Sur la similitude :

Page 754, ligne 18, *ajouter :*

On a obtenu une concordance encore meilleure entre le modèle de 4^{cm} de diamètre et un modèle de 24^{cm} de diamètre ; la divergence au coude disparaît alors.

Note de M. *Louis Breguet*, Sur la résultante aérodynamique moyenne d'un planeur à ailes en M aplati soumis latéralement à des pulsations aériennes horizontales :

Page 756, ligne 12, *au lieu de* distance moyenne, *lire* vitesse moyenne.

Page 757, formule (7), *au lieu de*

$$c'_z = \frac{1}{2}(c_{z_1} + c_{z_2}) = \mathrm{A}\cos\gamma,$$

lire

$$c_z = \frac{1}{2}(c_{z_1} + c_{z_2})\cos\gamma = \mathrm{A}\cos\gamma.$$

Note de M. *Jules Amar*, Coagulation et structure de l'œuf :

Page 805, avant-dernière ligne, *au lieu de* coagulants, *lire* décoagulants.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 MARS 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret en date du 1er mars 1924, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Maurice de Broglie** pour occuper, parmi les Académiciens libres, la place vacante par le décès de M. *Ch. de Freycinet*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Maurice de Broglie** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Eduardo Perroncito**, professeur de l'Université de Turin, qui assiste à la séance.

NAVIGATION ET MÉTÉOROLOGIE. — *Variations de la baisse barométrique et des vents de giration dans les cyclones et dans les typhons.* Note de M. **F.-E. Fournier.**

1. J'ai montré dans une Note précédente (1) que certaines particularités, bien connues, des cyclones et des typhons restent inexplicables, si l'on n'admet pas que les tourbillons, à dépression centrale, de ces météores sont entretenus par un tourbillon, de même nature, se formant, de la façon et dans le sens que j'ai indiqués, dans la couche dominante des *cirrus* d'où il leur

---

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 822.

transmet son entraînement giratoire, d'un niveau à l'autre, autour de son axe vertical jusqu'à la surface du globe.

2. Soient : r_1 et r_0 les rayons des contours extérieurs et intérieurs, circulaires et concentriques de ce tourbillon des cirrus; P la pression culminante régnant sur le contour limite, de rayon R, de l'aire des dépressions du cyclone, ou du typhon qu'il entretient sur le niveau de la mer; p_1, la pression barométrique sur le contour extérieur, de rayon r_1 de ce tourbillon inférieur où les vents de giration font *brusquement irruption*, à une vitesse déjà grande G_1, dès qu'elle y est transmise par l'entraînement direct du tourbillon supérieur; p_0 la pression barométrique sur le contour, de rayon r_0, du même tourbillon, où les vents de giration cessent, de même, *brusquement*, après y avoir atteint leur vitesse *maximum*, G_0, dès que l'entraînement du tourbillon des Cirrus ne l'entretient plus, *directement*, dans *le noyau d'accalmie relative*, *régnant au cœur de tous les cyclones et les typhons indistinctement*, et au centre duquel la pression barométrique est réduite à son *minimum absolu*, p_m; enfin, représentons par l, la *latitude du lieu*.

3. Dans cette portion des cyclones et des typhons comprise entre les rayons r_1 et r_0, la *seule où la vitesse giratoire de l'air soit entretenue*, *directement*, au-dessus, par l'entraînement qui lui vient du tourbillon dominant des cirrus, la baisse barométrique, $P - p$, varie avec les valeurs intermédiaires de r, suivant la relation

$$\frac{P-p}{P-p_1} = \left(\frac{r_1}{r}\right) \sin 2l. \tag{1}$$

Mais, au dehors de ce tourbillon, le même rapport varie avec les valeurs de r augmentant, de r_1 à sa limite extérieure $R > r_1$, où règne la pression culminante uniforme $P > p_1$, suivant la relation

$$\frac{P-p}{P-p_1} = \frac{R-r}{R-r_1} \cdot \sin 2l. \tag{2}$$

Enfin : en dedans du contour, de rayon r_0, du noyau d'accalmie relative la pression barométrique diminue, le long de chacun de ses rayons, de p_0 jusqu'à son *minimum* absolu, p_m, à son centre, où $r = 0$, suivant la relation

$$\frac{p-p_m}{p_0-p_m} = \left(\frac{r}{r_0}\right) \cdot \sin 2l, \tag{3}$$

ces deux relations dépendant de l'amortissement, extérieur, d'une part, et, intérieur, d'autre part, des vitesses giratoires G_1 et G_0.

4. En considérant alors l'équation du mouvement circulaire, de rayon r, et, de vitesse G, de la masse spécifique μ de l'air, sous la pression p,

$$\frac{dp}{dr} = \frac{\mu G^2}{r}, \tag{4}$$

et l'expression de $\frac{dp}{dr}$, que l'on obtient en dérivant la relation (1)

$$\frac{dp}{dr} = \frac{r_1(P - p_1)}{r^2} \cdot \sin 2l \tag{5}$$

on en déduit l'expression

$$\mu G_2 = (P - p_1)\left(\frac{r_1}{r}\right) \cdot \sin 2l \tag{6}$$

définissant le mouvement giratoire de l'air sur la base des cyclones et des typhons.

5. Mais, ces quatre équations, *inédites*, doivent être applicables, telles quelles, *à valeurs égales de r*, sur tout autre niveau plus élevé, d'altitude z, par exemple, si les cyclones et les typhons ont, pour cause, et, pour origine, un tourbillon à dépression centrale des cirrus. Or, la forme de ces équations (1), (2), (3), (6) se prête, en effet, à la confirmation de cette hypothèse, par le fait que les différences des pressions barométriques,

$$P - p, \quad P - p_1, \quad p_0 - p_m, \quad p - p_m,$$

y figurant, ainsi que les valeurs de $\frac{dp}{dr}$, dans les relations (4) et (5), doivent conserver à toute altitude, z, les *mêmes valeurs que sur le niveau des mers*, puisque ces pressions ne diffèrent entre elles, deux à deux, à valeurs égales de r, que d'une *même constante*, ϖ_z, qui est le poids de la colonne atmosphérique, de hauteur, z, séparant les deux niveaux auxquels elles se rapportent.

6. Il faut remarquer, de plus, que la vitesse de translation V des cyclones et des typhons ne serait autre, dans ces conditions, que celle dirigée vers l'Est et plus ou moins inclinée, vers le Nord, ou vers le Sud, de l'axe vertical du tourbillon dominant des cirrus qui les entretient, à sa base, sur le niveau terrestre.

7. Quant au terme, $\sin 2l$, en facteur commun dans les quatre équations, (1), (2), (3), (6), son intervention y est motivée par cette particularité des cyclones et des typhons : d'être d'autant plus fréquents et d'entretenir des baisses barométriques, d'autant plus grandes, et des vents de giration, d'autant plus violents, que la *latitude, l, du lieu* est *plus voisine de sa valeur moyenne* $l = 45°$, où $\sin 2l$ atteindrait son *maximum* 1; tandis

qu'ils sont, au contraire, d'autant plus rares et qu'ils entretiennent des baisses barométriques, d'autant plus petites, et des vents de giration, d'autant plus faibles, que la *latitude du lieu* est plus voisine de 0°, ou de 90°, où sin $2l$ serait donc nul, dans l'un et l'autre cas.

Ces dernières particularités, comme les précédentes, resteraient d'ailleurs inexplicables, si l'on n'admettait pas que les cyclones et les typhons ont leur cause et leur origine dans les tourbillons à dépression centrale des cirrus.

RAYONS X. — *Sur le changement de longueur d'onde par diffusion dans le cas des rayons K du tungstène*. Note de M. M. DE BROGLIE.

Je me suis proposé de vérifier par voie photographique le changement de longueur d'onde par diffusion que M. Compton a déjà signalé dans le cas des rayons du molybdène diffusés par un radiateur de graphite; j'ai employé les rayons K du tungstène émis par un tube Coolidge en les faisant agir sur un radiateur secondaire constitué par une préparation plane divisée en deux parties, l'une constituée par du tungstène métallique en poudre et l'autre par du carbone. Le tungstène du radiateur, excité par les rayons du tube, dont une partie a la longueur d'onde suffisante, émet par fluorescence le spectre K de ce métal, et le carbone diffuse ces mêmes rayons K du tungstène venant de l'anticathode du tube excitateur. Sur la plaque photographique du spectrographe on devra donc enregistrer simultanément, et dans des conditions tout à fait comparables, les rayons considérés provenant les uns de la fluorescence et les autres de la diffusion. Les premiers n'étant pas déplacés pourront servir de base pour mesurer le déplacement des seconds. L'angle de diffusion était d'environ 135°.

La plaque a montré deux raies bien écartées et correspondant en première approximation à l'ordre de grandeur prévu par la théorie de Compton et Debye; la méthode décrite ci-dessus a été choisie pour éviter toute ambiguïté dans la comparaison de deux lignes dont l'une serait émise directement par le foyer fin d'une anticathode et l'autre par la source large fournie par le radiateur secondaire.

M. ÉMILE PICARD, en présentant, au nom du Bureau des Longitudes, la troisième édition considérablement augmentée d'un volume intitulé *Réception des signaux horaires*, s'exprime comme il suit :

« L'objet principal de cet ouvrage est de donner des renseignements détaillés sur l'utilisation des signaux hertziens pour la distribution de l'heure, la détermination des différences de longitudes, la diffusion des renseignements météorologiques, sismologiques, etc.

On trouvera dans un premier chapitre préliminaire quelques indications sur les montages des divers récepteurs et sur les amplificateurs. »

M. **Ch. Moureu** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un petit livre, de la collection *Le Florilège contemporain*, sur Marcelin Berthelot, où se trouvent reproduites les pages les plus célèbres de celui qui, pendant près d'un demi-siècle, illustra notre Compagnie.

Marcelin Berthelot fut un de ces hommes exceptionnels qui honorent tous les pays et tous les temps. Son œuvre est immense. Elle révèle un des cerveaux les plus puissants et les mieux équilibrés qui furent jamais, un génie philosophique et encyclopédique, et qui savait, au besoin, examiner les choses d'aussi près que d'ordinaire, il les voyait de haut et de loin. Parmi les grands savants du siècle dernier, il est peut-être le seul dont l'esprit universel pouvait embrasser l'ensemble des connaissances humaines. On lui doit, dans les branches les plus diverses du savoir, des découvertes primordiales, assises inébranlables sur lesquelles ses successeurs posent tous les jours des pierres nouvelles.

A travers la complexité de cette œuvre prodigieuse et l'infinie variété des sujets envisagés, on devine aisément la persistance d'une idée profonde. Chez Berthelot le philosophe a, dès la vingtième année, inspiré et dirigé le chimiste. Ses longues conversations avec Renan, où il agitait les éternels problèmes qui tourmentent l'esprit humain, lui avaient fait apparaître comme une certitude l'unité des forces de la Nature. De cette idée est née la Synthèse chimique.

Jusqu'en 1853, date des premiers travaux de Berthelot, les exemples de synthèse organique étaient si rares ([1]) que la plupart des esprits, à la suite de Berzelius et de Gerhardt, étaient portés à admettre qu'il existe une différence essentielle entre la Chimie minérale et la Chimie organique, et à regarder comme chimérique tout espoir d'édifier les substances organiques

([1]) Wœhler avait réalisé celle de l'urée en 1828; dans la suite Kolbe avait de même obtenu artificiellement l'acide acétique et Wurtz quelques ammoniaques composées.

à partir des corps simples dont elles sont formées. Berthelot ruina ce préjugé de la *force vitale* et bouleversa la Science en préparant à l'aide des seules forces naturelles, chaleur et électricité, les composés fondamentaux qui servent à obtenir les autres; il créa, comme la vie, par synthèse.

La combinaison de l'inerte carbone avec le plus léger des gaz, l'hydrogène, regardée comme impossible, fut réalisée dans l'arc électrique. Il créa l'acétylène, point de départ de l'innombrable série des carbures d'hydrogène. Les alcools, les acides, les corps gras furent ensuite reproduits. Bien plus, suivant ses expressions mêmes, « la synthèse chimique tire chaque jour du néant, pour le plus grand bien de l'Humanité, une multitude de corps nouveaux, semblables ou supérieurs aux produits naturels » : parfums délicats, couleurs d'aniline, dont l'éclat l'emporte sur celui des couleurs minérales ou végétales; composés thérapeutiques, gloire de la Pharmacopée moderne, succédanés ou remplaçants des vieux remèdes extraits des plantes. L'énorme développement industriel de l'Allemagne est dû en grande partie à la révolution que les méthodes de synthèse de Berthelot introduisirent dans la Science.

La seconde grande conception scientifique à laquelle le nom de Berthelot restera attaché est la Thermochimie. Après avoir montré l'identité des forces qui agissent dans la Nature minérale et chez les êtres vivants, il consacra plus de quarante années à mesurer les forces chimiques par les quantités de chaleur dégagées dans les réactions, et il évalua ainsi les énergies chimiques au moyen des mêmes unités que les énergies physiques et mécaniques. Par une généralisation aussi simple que saisissante, il montra que la loi de l'équilibre chimique est analogue à celle de l'équilibre mécanique.

Ces recherches, entre autres conséquences, firent de l'étude jusque-là empirique des matières explosives une science rigoureuse. Elles eurent pour couronnement la découverte des poudres sans fumée par un des élèves favoris de Berthelot, notre éminent confrère M. Vieille.

Dans les vingt dernières années de sa vie, Berthelot se préoccupa de mettre la Science au service de l'Agriculture, cette « antique mère nourricière du genre humain ». Il étudia dans son laboratoire de Meudon, avec le succès que l'on connaît, l'action des agents naturels, et particulièrement de l'électricité, sur la végétation. « La terre — dit-il, rendant sa pensée par une phrase bien expressive — est quelque chose de vivant. »

Je ne puis ici que rappeler d'un mot les études de Berthelot sur l'histoire de la Chimie et sur la Philosophie sociale, où il a témoigné d'une si vaste érudition et d'un remarquable talent d'écrivain.

C'est l'essentiel de tous ces travaux qui se trouve résumé, par l'auteur lui-même, dans le volume que je suis chargé d'offrir à l'Académie pour sa bibliothèque. En le lisant, on ne peut qu'admirer, avec Fouqué (¹), interprète du sentiment universel, « la puissance de travail, l'esprit d'invention, la logique des idées, l'amplitude de la mémoire, l'habileté expérimentale, l'aptitude à passer d'une série de recherches à une autre série sans lien apparent avec la précédente », toutes qualités éminentes qui, réunies chez un seul homme, assurent à Marcelin Berthelot une « personnalité sans rivale ».

M. **Henri Lecomte** fait hommage à l'Académie du fascicule 3, tome troisième, de la *Flore générale de l'Indo-Chine*, publiée sous sa direction : *Rubiacées* (suite), par J. Pitard.

ÉLECTIONS

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Académicien libre, en remplacement de M. *A. de Gramont*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 70,

M. Alexandre Desgrez obtient	. . . . .	40 suffrages
M. Paul Séjourné	»	29 »
M. Charles Achard	»	1 suffrage

M. **Alexandre Desgrez**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Cinq fascicules de la *Revue bretonne de Botanique pure et appliquée*, dirigée par M. Lucien Daniel. (Présenté par M. P. Dangeard.)

(¹) Allocution prononcée à la cérémonie du jubilé de Berthelot (1901).

2° *Mémoire sur le pendule et le balancier considérés comme régulateurs des instruments à mesurer le temps*, par J. Wagner neveu, suivi d'un *Mémoire sur les échappements simples usités en horlogerie*. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

3° *Durées physiques indépendantes des dimensions satiales*, par M. Michel Petrovitch.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Des équations $s+f(x, y, z, p, q, r)=0$ qui sont de la première classe.* Note de M. **R. Gosse**, présentée par M. E. Goursat.

Toutes les équations (¹) de cette forme, qui ne sont pas linéaires en q, peuvent se ramener, par des transformations de contact, aux deux types suivants :

$$\text{(I)} \qquad s+\mathrm{Q}(q)\rho(x, y, p, r)=0 \quad \text{où} \quad \mathrm{Q}\frac{d\mathrm{Q}}{dq}=a\mathrm{Q}+1,$$

$$\text{(II)} \qquad s+\mathrm{Q}(q)\rho(x, z, p, r)=0 \quad \text{où} \quad \mathrm{Q}\frac{d\mathrm{Q}}{dq}=a\mathrm{Q}+q,$$

a étant une constante qu'on peut prendre égale à zéro ou un.

Premier groupe. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'une équation* (I) *soit une équation* (E) *est que* ρ *soit une solution commune aux deux équations*

$$\left(\frac{d}{dx}\frac{\partial \mathcal{L}\rho}{\partial y}\right)+\rho\left(\frac{d}{dx}\frac{\partial\rho}{\partial r}\right)=\rho\frac{\partial\rho}{\partial p}+a\frac{\partial\rho}{\partial y},$$
$$\int\left(\frac{\partial\rho}{\partial r}\right)^2 dr=\rho\frac{\partial\rho}{\partial r}+\frac{\partial\mathcal{L}\rho}{\partial y}+\alpha(x, y, p).$$

1° Si a est nul, les solutions qui ne dépendent ni de x ni de p doivent vérifier la seule relation

$$\frac{\partial^2\mathcal{L}\rho}{\partial r\,\partial y}+\rho\frac{\partial^2\rho}{\partial r^2}=0,$$

qui se ramène à l'équation de Liouville. On obtient ainsi une famille d'équations (E)

$$\text{(1)} \qquad s+\frac{(r-\theta)\sqrt{2q\varphi'(\theta)}}{y-\varphi(\theta)}=0,$$

où θ est une fonction de r et de y définie par la relation

$$\frac{1}{r-\theta}=\frac{1}{2}\frac{\varphi''(\theta)}{\varphi'(\theta)}+\frac{\varphi'(\theta)}{y-\varphi(\theta)},$$

(¹) Voir *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 542.

φ étant une fonction arbitraire de θ. En posant $Z = \sqrt{2q}$, on est conduit à une équation de Monge-Ampère qu'une transformation de contact ramène *à une équation linéaire intégrable par la méthode de Laplace.*

2° Si l'on cherche les fonctions ρ qui ne dépendent pas de p, elles conduisent à des équations qui peuvent toutes se déduire simplement de l'équation

$$(2)\qquad s = \sqrt{2q}\,\text{sh}\,\varphi,$$

où φ est une fonction de r et de y définie par la relation

$$r + y = \text{ch}\,\varphi + \mathcal{L}\,\text{th}\,\frac{\varphi}{2}.$$

On la ramène comme précédemment à une équation linéaire intégrable par la méthode de Laplace.

3° Enfin les équations (I) qui correspondent à des valeurs de ρ qui ne contiennent pas x se déduisent des équations (1) et (2) par la transformation d'Ampère.

Second groupe. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'une équation* (II), *soit une équation* (E), *est que* ρ *soit une solution commune aux deux équations*

$$\left(\frac{d}{dx}\,\frac{\partial \mathcal{L}\rho}{\partial z}\right) + \rho\left(\frac{d}{dx}\,\frac{\partial\rho}{\partial r}\right) = \rho\,\frac{\partial\rho}{\partial p} + a\,\frac{\partial\rho}{\partial z},$$

$$\int\left(\frac{\partial\rho}{\partial r}\right)^2 dr = \rho\,\frac{\partial\rho}{\partial r} + \frac{\partial\mathcal{L}\rho}{\partial z} + \alpha(x, z, p).$$

Si l'on assujettit ρ à ne pas dépendre de p, a doit être nul et l'on peut déduire toutes les équations (II) correspondantes de l'équation

$$s = \sqrt{q^2+1}\,\text{sh}\,\varphi,$$

où φ est une fonction de r et de z définie par la relation

$$r + z = \text{ch}\,\varphi + \mathcal{L}\,\text{th}\,\frac{\varphi}{2}.$$

Cette équation admet comme invariants, d'une part

$$y \quad \text{et} \quad \frac{t}{\sqrt{q^2+1}} - \sqrt{q^2+1}\,\text{ch}\,\varphi,$$

et d'autre part

$$(r - \text{ch}\,\varphi)^2 - p^2 \quad \text{et} \quad x - \mathcal{L}(r + p - \text{ch}\,\varphi).$$

La transformée en $Z^2 = q^2 + 1$ est une équation de Monge-Ampère qui

admet deux invariants du premier ordre pour le système (y) et pour l'autre système un invariant du second ordre et un du troisième.

L'ensemble des équations (E) se compose des équations déjà connues [1] de celles que j'ai énumérées dans la Note déjà citée et des équations des types (I) et (II); les autres se ramènent à celles-là par des transformations de contact.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions ayant un nombre fini de branches.* Note de M. **Th. Varopoulos**, présentée par M. Henri Lebesgue.

1. M. Saxer a établi dans sa Thèse (Zurich, 1923, Uber die Picardschen ausnahmewerte sukzessiver Derivierten) des propositions remarquables concernant les fonctions entières d'ordre quelconque, et en particulier :

Soit $g(x)$ une fonction entière, et considérons ses deux premières dérivées $g'(x)$, $g''(x)$; s'il n'y a qu'un nombre fini de valeurs de x qui annulent l'une des fonctions $g(x)$, $g'(x)$, $g''(x)$ sans annuler les autres, la fonction $g(x)$ a nécessairement la forme $g(x) = P(x)e^{Q(x)}$, $P(x)$, $Q(x)$ étant des polynomes.

Pour établir cette proposition, M. Saxer s'appuie sur l'impossibilité d'une identité de la forme

$$p(x)\,e^{f_1(x)} + q(x)\,e^{f_2(x)} + r(x)f_1'(x) + s(x) = 0,$$

p, q, r, s étant des polynomes et $f_1(x), f_2(x)$ des fonctions entières, si l'on a à la fois

$$p(x) \not\equiv 0, \qquad f_1(x) \not\equiv \text{const.}$$

2. Guidé par les indications précises de M. Montel, j'ai pu obtenir la démonstration de la proposition fondamentale de M. Saxer en m'appuyant sur un cas très particulier de son identité, très facile à établir, en vertu d'une propriété des fonctions entières d'un caractère élémentaire.

I. *Considérons une fonction entière $g(x)$ de la forme $g(x) = a(x)e^{f(x)}$, $a(x)$ étant un polynome et f une fonction entière, on ne peut pas avoir*

$$g'(x) = b(x) + \gamma(x)\,e^{f_1(x)}.$$

---

[1] Voir Goursat, *Leçons sur l'intégration des équations du second ordre*, t. 2, p. 171 et suiv.

$b(x)$, $\gamma(x)$ étant des polynomes et $f_1(x)$ une fonction entière, si le polynome $b(x)$ n'est pas identiquement nul.

Si $b(x) = \text{const.} \neq 0$, la proposition prend la forme suivante :

Si une fonction entière $g(x)$ admet une valeur exceptionnelle (prise un nombre fini de fois), *la dérivée $g'(x)$ ne peut pas admettre une valeur exceptionnelle différente de zéro.*

II. *Considérons une fonction $g(x) = R(x)e^f$, $R(x)$ étant rationnel et f une fonction entière, on ne peut pas avoir*

$$g'(x) = S(x) + P(x)e^{f_1},$$

$S(x)$, $P(x)$ étant rationnels et f_1 une fonction entière, si $S(x) \not\equiv 0$.

III. Une identité de la forme

$$p(x)e^{f(x)} + q(x)f'(x) + r(x) = 0,$$

$p(x)$, $q(x)$, $r(x)$ étant des polynomes $f(x)$, une fonction entière est impossible si nous avons à la fois

$$p(x) \not\equiv 0, \qquad f(x) \not\equiv \text{const.}$$

Posons

$$g(x) = q(x)e^{-f(x)},$$

alors

$$g'(x) = [q'(x) - q(x)f'(x)]e^{-f(x)} = p(x) + [r(x) + q'(x)]e^{-f(x)}.$$

Si $r(x) + q'(x) \neq 0$, comme $p(x) \neq 0$, en vertu de I, l'égalité est impossible.

Si $r(x) + q'(x) = 0$, on aura

$$P(x)e^{f(x)} = q(x),$$

$P(x)$ étant un polynome ; ce qui entraîne

$$f(x) = \text{const.}$$

IV. Voici maintenant comment on peut démontrer la proposition fondamentale de M. Saxer. Nous aurons

$$(1) \qquad \frac{g'}{g} = \frac{a(x)}{b(x)}e^{f_1},$$

$$(2) \qquad \frac{g''}{g'} = \frac{\gamma(x)}{a(x)}e^{f_2},$$

$a(x)$, $b(x)$, $\gamma(x)$ étant des polynomes et f_1, f_2 des fonctions entières.

J'élimine g entre (1), (2), en prenant les dérivées logarithmiques des

deux membres de (1), et j'obtiens

$$\frac{\gamma}{a}e^{f_2}-\frac{a}{b}e^{f_1}=\frac{a'}{a}-\frac{b'}{b}+f'_1.$$

Si $f_1-f_2=$ const., l'identité prend la forme précédente, et entraîne $f_1(x)=$ const. Si $f_1-f_2\neq$ const., on aura

$$1-\frac{\gamma b}{a^2}e^{f_2-f_1}=\left(\frac{b}{a}e^{-f_1}\right)',$$

ce qui est absurde, en vertu de la proposition II. En intégrant donc (1), et tenant compte que $f_1=$ const., nous obtenons, $P(x)$, $Q(x)$ étant des polynomes,

$$g(x)=P(x)\,e^{Q(x)}.$$

V. *Soient $g(x)$ une fonction entière et $g'(x)$ sa dérivée. S'il n'y a qu'un nombre fini de valeurs de x qui annulent l'une des fonctions $g(x)$, $g'(x)$ sans annuler l'autre, le nombre de racines communes est fini.*

Ou encore : *Si le nombre des racines non communes à $g(x)$ et à $g'(x)$ est fini, le nombre des racines communes est aussi fini.*

3. Soit une fonction algébroïde $g(x)$, et supposons qu'il y ait un nombre a tel que la fonction $g(x)-a$ n'admette qu'un nombre fini de zéros. Nous avons

$$g(x)-a=p(x)\,e^{q(x)},$$

$p(x)$ étant un polynome. Si la fonction $q(x)$, correspondant au nombre a, est algébroïde, le nombre a est unique, a est dite une valeur doublement exceptionnelle [1].

On peut établir les propositions suivantes :

VI. *Si une fonction algébroïde $g(x)$ admet une valeur doublement exceptionnelle, toutes les dérivées $g'(x)$, $g''(x)$, ... n'admettent que la valeur nulle comme valeur doublement exceptionnelle.*

VII. *Si une fonction algébroïde $g(x)$ et ses deux premières dérivées admettent une valeur doublement exceptionnelle* (que nous pouvons toujours supposer nulle) *nous aurons, $P(x)$, $Q(x)$ étant des polynomes,*

$$g(x)=P(x)\,e^{Q(x)}.$$

VIII. *Si une transcendante algébroïde à ν branches définie par une équa-*

---

[1] Voir G. Rémoundos, *Sur les fonctions ayant un nombre fini de branches* (*Journal de Mathématiques*, 6e série, t. 2, p. 87).

tion de la forme $u^\nu + A(x) = 0$, $A(x)$ étant une fonction entière, admet une valeur exceptionnelle, sa dérivée admettra la valeur nulle comme valeur exceptionnelle.

En général la dérivée d'une fonction $u(x)$ multiforme n'admet pas la valeur nulle comme valeur exceptionnelle. Par exemple, la fonction $u(x)$ définie par l'équation

$$2u^2 + (e^x - e^{-x})u + e^x + e^{-x} - 2 = 0$$

admet les valeurs ± 1 comme valeurs exceptionnelles, sans que la dérivée $u'(x)$ admette la valeur nulle comme valeur exceptionnelle.

ÉLASTICITÉ. — *Détermination* a priori *des vibrations des aubes de turbines.* Note de M. **F.-H. van den Dungen**, présentée par M. Emile Borel.

1. Les aubes de turbines sont souvent le siège de vibrations gênantes, se produisant pendant la marche en régime; comme l'étude expérimentale de pareilles vibrations est presque uniquement réalisable lorsque la turbine ne tourne pas, il y a intérêt à déterminer ces vibrations *a priori*, pour chaque vitesse de rotation, en sorte de pouvoir établir les pièces de façon à écarter les vibrations dangereuses. La présente Note a pour but d'indiquer les principes d'une semblable détermination (numérique ou graphique), basée sur l'emploi des équations intégrales.

2. Les aubes peuvent être considérées comme des tiges élastiques minces; leur déformation est donnée par une équation intégrale où nous distinguerons trois termes: le premier dû à la force centrifuge, de paramètre ω^2, la vitesse angulaire étant ω; le deuxième correspondant aux vibrations propres, de paramètre α^2, si les vibrations simples sont de période $2\pi\alpha^{-1}$; le troisième tenant compte des vibrations forcées: celles-ci ont pour causes certaines dissymétries inévitables, telles l'injection partielle et la tolérance de la construction; ces vibrations ont donc pour période $2\pi\omega^{-1}$, et si nous les décomposons en termes sinusoïdaux, il leur correspondra une suite de termes de paramètre $k^2\omega^2$, k étant un entier quelconque.

La déformation totale de l'aube admet dès lors pour pôles les diverses valeurs de α et il y a résonance lorsque $k\omega$ est égal à α. La recherche des vitesses critiques, c'est-à-dire des vitesses pour lesquelles les aubes résonnent peut donc s'effectuer en considérant l'équation homogène ne comprenant que les termes de la force centrifuge et des vibrations propres et en déterminant les relations caractéristiques en ω^2 et α^2 pour lesquelles cette équa-

tion admet une solution non nulle : si l'on remplace dans ces relations α par $k\omega$, on obtiendra des équations dont les racines sont les diverses vitesses critiques.

Il est également possible de remplacer *a priori* α par $k\omega$ dans l'équation intégrale de façon à n'avoir à traiter qu'une équation à un paramètre ω^2 : dans ce cas, les calculs doivent être effectués séparément pour chaque valeur de k.

3. La déformation de l'aube dans un plan longitudinal principal est donnée par (1)

$$y_x = \int_0^e \alpha_{xs} f_s \, ds + \int_0^e \beta_{xs} c_s \, ds + \Sigma \alpha_{xh} F_h + \Sigma \beta_{xh} C_h ;$$

une équation analogue donne l'inclinaison y'_n. Les coefficients d'influence α et β, proportionnels à des fonctions de Green d'ordre 2 (à une dimension), se calculent en supposant l'aube encastrée à sa base et libre à son extrémité, si elle n'est pas frettée par un cercle de garde; dans le cas opposé, on la supposera articulée ou encastrée à son extrémité suivant la qualité de la rivure. S'il s'agit de longues aubes, consolidées en leur milieu ou en leur tiers par d'autres cercles, il faudra considérer ces aubes comme des pièces continues avec appuis intermédiaires, ou encore supposer, si la rivure est parfaite, que chaque tronçon peut vibrer isolément.

Nous n'étudions pas dans cette Note le cas où, le disque et les frettes vibrant eux-mêmes, l'aube doit être considérée comme placée sur des supports élastiques et non plus rigides.

4. Quant aux forces et couples, locaux et répartis, qui figurent dans la formule précédente, leur expression diffère suivant la position de l'aube. Les effets d'inertie dus aux vibrations sont ceux que nous avons donnés (2), les sollicitations réparties étant causées par l'aube elle-même et les sollicitations locales, par les frettes.

Dans une turbine *axiale*, la force centrifuge crée une traction longitudinale N, proportionnelle à ω^2, croissant de l'extrémité à la base, dont résulte le couple réparti Ny'_s (3). Dans une turbine *radiale*, les effets centrifuges sont analogues à ceux des vibrations (4).

---

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 244, formule (2).

(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 574.

(3) On peut donner à N une valeur approchée constante, calculée au tiers à partir de la base.

(4) Voir *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 244, la formule (3), e et θ étant nuls.

5. Le calcul effectif des vitesses de résonance se fera grâce à l'équation déterminante ou par les approximations successives. Dans le premier cas, la première relation caractéristique sera donnée, avec une approximation croissante, par une des égalités

$$z = \omega^2 A_{01} + k^2\omega^2 A_{10} = \omega^4 A_{02} + 2k^4\omega^4 A_{11} + k^4\omega^4 A_{20} = \ldots,$$

où nous employons les traces simples et mixtes des noyaux respectifs des deux paramètres ω^2 et $k^2\omega^2$. Dans le second cas, si y_0 est une déformation arbitraire qui, par *effet séparé* de la force centrifuge et des vibrations, crée les déformations y_{01} et y_{10}, celles-ci créant à leur tour y_{02} et y_{11}, $\bar{y}_{11}$ et y_{20}, on aura, de même,

$$y_0 = \omega^2 y_{01} + k^2\omega^2 y_{10} = \omega^4 y_{02} + k^2\omega^4(y_{11} + \bar{y}_{11}) + k^4\omega^4 y_{20} = \ldots.$$

Les relations caractéristiques supérieures se calculeront semblablement. Enfin, il pourra être fait usage d'une proposition de Lord Rayleigh (¹).

ÉLASTICITÉ. — *Plaques minces élastiques, limitées par deux arcs de cercles concentriques et deux rayons sous l'action des forces concentrées.* Note de M. **Galerkin**, présentée par M. Mesnager.

Supposons que la plaque, bornée par deux rayons $\theta = -\alpha$ et $\theta = \alpha$ et par deux arcs ayant les rayons a_0 et a, soit partiellement chargée; limitons la partie chargée par deux arcs de rayons a_0 et a_1. Les parties de la plaque, où $a_0 < r < a_1$ et $a_1 < r < a$ sont libres de charge. Si nous désignons les forces sur l'unité de la surface de la partie $a_2 < r < a_1$, agissant perpendiculairement sur la plaque, par $p_{r\theta}$ et les déplacements de cette partie par w, l'équation différentielle de la surface moyenne en coordonnées cylindriques (r, θ, z) sera

$$(a) \qquad \frac{Eh^3}{12(1-\sigma^2)}\left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}\right)\left(\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 w}{\partial\theta^2}\right) = p_{r\theta},$$

où h est l'épaisseur constante de la plaque, E le module d'élasticité, σ le coefficient de Poisson.

Dans la région $a_0 < r < a_1$, appelons w_1 les déplacements et, pour $a_2 < r < a$, w_2.

(¹) Voir *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 608. Cette proposition a été utilisée pour cette détermination par M. Stodola (*Dampf- und Gasturbinen*, 5e édition, p. 946).

Plaques librement appuyées par les bords radiaux. — Prenons les équations suivantes pour w, w_1 et w_2 :

$$(b)\quad w = r^m\Psi(\theta) + \sum_1^\infty \left(A_n r^{\frac{n\pi}{2\alpha}} + B_n r^{-\frac{n\pi}{2\alpha}} + C_n r^{\frac{n\pi+4\alpha}{2\alpha}} + D_n r^{-\frac{n\pi-4\alpha}{2\alpha}}\right) \sin\frac{n\pi(\alpha+\theta)}{2\alpha},$$

$$(c)\quad w_1 = \sum_1^\infty \left(A'_n r^{\frac{n\pi}{2\alpha}} + B'_n r^{-\frac{n\pi}{2\alpha}} + C'_n r^{\frac{n\pi+4\alpha}{2\alpha}} + D'_n r^{-\frac{n\pi-4\alpha}{2\alpha}}\right) \sin\frac{n\pi(\alpha+\theta)}{2\alpha},$$

$$(d)\quad w_2 = \sum_1^\infty \left(A''_n r^{\frac{n\pi}{2\alpha}} + B''_n r^{-\frac{n\pi}{2\alpha}} + C''_n r^{\frac{n\pi+4\alpha}{2\alpha}} + D''_n r^{-\frac{n\pi-4\alpha}{2\alpha}}\right) \sin\frac{n\pi(\alpha+\theta)}{2\alpha}.$$

Lorsque $r = a_1$

$$w_1 = w, \qquad \frac{\partial w_1}{\partial r} = \frac{\partial w}{\partial r}, \qquad \frac{\partial^2 w_1}{\partial r^2} = \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} \qquad \text{et} \qquad \frac{\partial^3 w_1}{\partial r^3} = \frac{\partial^3 w}{\partial r^3}.$$

Cela nous donne 4 équations. Si $\Psi(\theta)$ dans les limites de $-\alpha$ à $+\alpha$ se décompose en série trigonométrique

$$\Psi(\theta) = \sum_1^\infty E_n \sin\frac{n\pi(\alpha+\theta)}{2\alpha}, \qquad \text{où} \qquad E_n = \frac{1}{\alpha}\int_{-\alpha}^{\alpha} \Psi(\theta) \sin\frac{n\pi(\alpha+\theta)}{2\alpha}\, d\theta;$$

les 4 équations ci-dessus se décomposent en une infinité de groupes de 4 équations. Dans le groupe $n^{\text{ième}}$ les inconnues seront $A'_n - A_n$, $B'_n - B_n$, $C'_n - C_n$ et $D'_n - D_n$ et nous pouvons les déterminer par ces équations. Nous déduirons $A''_n - A_n$, $B''_n - B_n$, ... des conditions du cercle de rayon a_2. Ayant ces valeurs, nous pouvons écrire les quantités $A'_n - A''_n$, $B'_n - B_n$, ... Si nous écrivons les deux conditions pour les bords $r = a_0$ et $r = a$, nous obtiendrons en somme 12 équations qui déterminent tous les coefficients (A_n, A'_n, A''_n, B_n, B'_n, ...).

Désignons $r^m\Psi(\theta)$ par $F(r, \theta)$.

Si la partie de la plaque dans les limites de $r = a_1$ à a_2 et $\theta = \alpha_1$ à α_2 est chargée par un poids uniformément réparti

$$p = \frac{2P}{(\alpha_2 - \alpha_1)(a_2^2 - a_1^2)},$$

dans les limites $r = a_1$ à a_2 et $\theta = -\alpha$ à α_1

$$F(r, \theta) = r^4\Psi_1(\theta) = \frac{P(1-\sigma^2)r^4}{4(\alpha_2-\alpha_1)(a_2^2-a_1^2)Eh^3} \times$$
$$\times \left[\frac{\sin 2(2\alpha-\alpha_1-\alpha_2)\sin 2(\alpha_2-\alpha_1)}{\sin 8\alpha}\sin 4(\alpha+\theta) - \frac{4\sin(2\alpha-\alpha_1-\alpha_2)\sin(\alpha_2-\alpha_1)}{\sin 4\alpha}\sin 2(\alpha-\theta)\right].$$

Entre les limites $\theta = \alpha_1$ et α_2

$$F(r, \theta) = r^4\Psi(\theta) = \frac{P(1-\sigma^2)r^4}{8(\alpha_2-\alpha_1)(a_2^2-a_1^2)Eh^3} \times$$

$$\times \left[3 - \frac{4\cos(2\alpha+\alpha_1-\alpha_2)\cos(\alpha_1+\alpha_2)}{\cos 2\alpha}\cos 2\theta \right.$$

$$+ \frac{\cos 2(2\alpha+\alpha_1-\alpha_2)\cos 2(\alpha_1+\alpha_2)}{\cos 4\alpha}\cos 4\theta$$

$$- \frac{4\sin(2\alpha+\alpha_1-\alpha_2)\sin(\alpha_1+\alpha_2)}{\sin 2\alpha}\sin 2\theta$$

$$\left. + \frac{\sin 2(2\alpha+\alpha_1-\alpha_2)\sin 2(\alpha_1+\alpha_2)}{\sin 4\alpha}\sin 4\theta\right].$$

Entre les limites $\theta = \alpha_1$ et α

$$F(r, \theta) = r^4\Psi_2(\theta) = \frac{P(1-\sigma^2)r^4}{4(\alpha_2-\alpha_1)(a_2^2-a_1^2)Eh^3} \times$$

$$\times \left[\frac{\sin 2(2\alpha+\alpha_1+\alpha_2)\sin 2(\alpha_2-\alpha_1)}{\sin 8\alpha}\sin 4(\alpha-\theta)\right.$$

$$\left. - \frac{4\sin(2\alpha+\alpha_1+\alpha_2)\sin(\alpha_2-\alpha_1)}{\sin 4\alpha}\sin 2(\alpha-\theta)\right],$$

$$E_n = \frac{1}{\alpha}\left[\int_{-\alpha}^{\alpha_1}\Psi_1(\theta)\,dt + \int_{\alpha_1}^{\alpha_2}\Psi(\theta)\,d\theta + \int_{\alpha_2}^{\alpha}\Psi_2(\theta)\,d\theta\right]$$

$$= \frac{153hP\alpha^4(1-\sigma^2)}{Eh^3(\alpha_2-\alpha_1)(a_2^2-a_1^2)}\,\frac{\sin\dfrac{n\pi(2\alpha+\alpha_1+\alpha_2)}{4\alpha}\sin\dfrac{n\pi(\alpha_2-\alpha_1)}{4\alpha}}{n\pi(n\pi-8\alpha)(n\pi-4\alpha)(n\pi+4\alpha)(n\pi+8\alpha)}.$$

En posant $\alpha_2 = \alpha_1$ et $a_2 = a_1$, nous résoudrons le cas où la force P est concentrée au point $r = a_1$, $\theta = \alpha_1$.

Dans ce cas

$$A'_n - A''_n = \frac{6P(1-\sigma^2)\alpha^2 a_1^{-\frac{n\pi-4\alpha}{2\alpha}}\sin\dfrac{n\pi(\alpha+\alpha_1)}{2\alpha}}{n\pi(n\pi-2\alpha)Eh^3},$$

$$B'_n - B''_n = \frac{6P(1-\sigma^2)\alpha^2 a_1^{\frac{n\pi+4\alpha}{2\alpha}}}{n\pi(n\pi+2\alpha)Eh^3}\sin\frac{n\pi(\alpha+\alpha_1)}{2\alpha},$$

$$C'_n - C''_n = -\frac{6P(1-\sigma^2)\alpha^2 a_1^{-\frac{n\pi}{2\alpha}}\sin\dfrac{n\pi(\alpha+\alpha_1)}{2\alpha}}{n\pi(n\pi+2\alpha)Eh^3},$$

$$D'_n - D''_n = -\frac{6P(1-\sigma^2)\alpha^2 a_1^{\frac{n\pi}{2\alpha}}\sin\dfrac{n\pi(\alpha+\alpha_1)}{2\alpha}}{n\pi(n\pi-2\alpha)Eh^3}.$$

Il est facile de choisir la fonction F pour le cas où la charge uniformément répartie est concentrée sur l'extrémité du rayon.

Nous avons aussi la possibilité de passer à la charge concentrée en un point.

On peut résoudre les questions relatives à la plaque librement appuyée par les bords radiaux, sur des supports quelconques suivant les arcs de cercle et supportant une charge quelconque.

AVIATION. — *Sur la diminution apparente de la résistance d'une aile agitée dans un courant d'air, et son application à la théorie du vol des oiseaux.* Note de M. **Louis Kahn**, présentée par M. L. Lecornu.

Soit une aile rigide, symétrique par rapport au plan de figure et animée d'un mouvement parallèle à ce plan. Prenons deux axes de coordonnées rectangulaires liés à l'air immobile, Ox horizontal et dirigé vers l'avant de l'aile, Oy dirigé vers le haut. Nous appellerons mouvement absolu le mouvement par rapport à ces axes. Soient C (*fig.* 1) la courbe sinueuse décrite

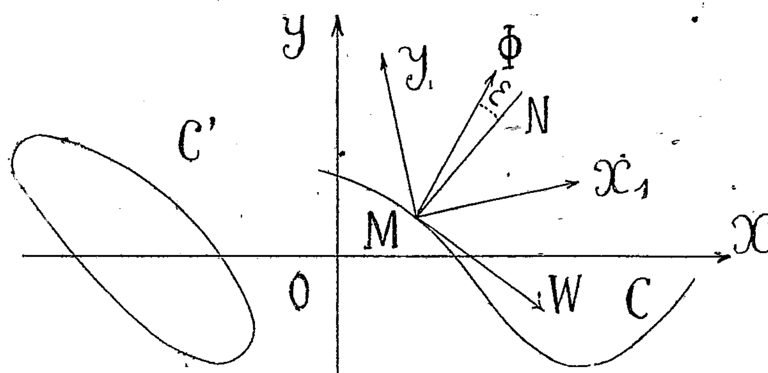


Fig. 1.

par un point du bord antérieur, w sa vitesse à l'instant t, θ la durée d'un battement, L la longueur d'une période de C, H l'amplitude verticale des oscillations. Nous supposerons qu'après un battement l'aile se retrouve à la même hauteur avec la même vitesse. Le mouvement absolu résulte alors d'un mouvement d'entraînement, uniforme et horizontal de vitesse V, et d'un mouvement de battement, suivant une courbe fermée C'; nous appellerons celui-ci mouvement relatif.

Supposons que l'incidence de l'aile soit constante et corresponde à la meilleure finesse. Admettons que w présente de faibles variations relatives et que les formules habituelles sont par suite applicables. Nous vérifierons plus loin que cette hypothèse s'applique même à l'oiseau en vol libre.

La réaction de l'air est alors $\Phi = K\Sigma w^2$; K et Σ sont constants. Φ fait avec la normale à C un angle constant ε vers l'arrière. Soient $T\theta$ et $S\theta$ l'impulsion de Φ suivant Ox et Oy pendant un battement. Dire que la résistance apparente est nulle, c'est dire que T est nul. Cherchons les conditions pour qu'il en soit ainsi. Pour la commodité du calcul, projetons d'abord Φ suivant deux axes Mx_1 et My_1 faisant avec Ox et Oy l'angle ε, et soient $Q\theta$ et $P\theta$ les impulsions correspondantes. Remarquons que Φ fait avec Mx_1 le même angle que la normale à C avec Ox

$$dQ = K\Sigma w^2 \cos(\Phi, Mx_1)\, dt = -K\Sigma w\, dy,$$
$$dP = K\Sigma w^2\, dx.$$

Intégrons pour un battement et posons

$$\alpha = \frac{1}{VL}\int w\, dx, \qquad \beta = \frac{1}{VL}\int -w\, dy, \qquad F = K\Sigma V^2.$$

Les coefficients α et β s'appliquent à toutes les trajectoires semblables et

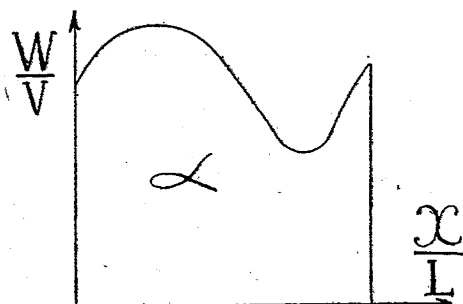


Fig. 2.

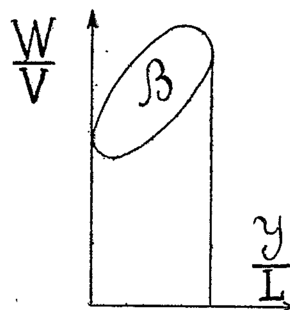


Fig. 3.

semblablement décrites. Ils mesurent les aires représentées sur les figures 2 et 3. On trouve alors

$$P = F\alpha, \qquad S = F(\alpha\cos\varepsilon + \beta\sin\varepsilon),$$
$$Q = F\beta, \qquad T = F(-\alpha\sin\varepsilon + \beta\cos\varepsilon).$$

Pour que la résistance disparaisse il faut que $\beta > \alpha$ tang ε. Si β dépasse cette valeur, il y aura même propulsion. Or l'examen de la figure 3 montre que, pour cela, w doit prendre pendant la descente des valeurs plus fortes que pendant la montée. Sinon T est < 0.

Pour que la sustentation garde une valeur suffisante, il faut, d'après la forme de α, que le parcours horizontal correspondant à la position basse et

à la remontée de l'aile soit aussi court que possible; ainsi la durée de la remontée doit être plus courte que celle de la descente. Il en résulte que dans le mouvement relatif, la vitesse doit être dirigée vers l'avant et le bas à la descente, vers le haut et l'arrière à la montée. La projection verticale de la vitesse doit être plus grande à la montée qu'à la descente. Si l'on suppose en outre que l'aile soutient et propulse à la vitesse V un corps rigide, on doit pour éviter les basculements du corps faire passer la force au voisinage du centre de gravité. Cela conduit à porter la partie descendante de C′ vers l'avant, la partie montante vers l'arrière.

Ces conclusions sont rigoureusement d'accord avec les résultats expérimentaux de Marey (¹).

Calculons maintenant la puissance consommée pour que le battement donne une résistance apparente nulle à une aile isolée. Si l'on pose

$$\gamma = \frac{1}{V^3\theta}\int_0^\theta w^3\,dt,$$

on trouve pour la puissance $K\Sigma V^3\gamma\sin\varepsilon$. Or si l'aile était rigide et immobile il faudrait dépenser $K\Sigma V^3 \sin\varepsilon$. On voit donc que le rendement du battement est l'inverse de γ. Il est toujours plus petit que l'unité, car les conditions précédentes entraînent $\gamma > 1$.

Application numérique au vol de l'oiseau. — Prenons comme courbe C′ la courbe relevée par Marey (²) comme trajectoire d'un point de l'aile par rapport au corps. Choisissons V pour que la variation d'inclinaison soit de 90°, nombre indiqué par Marey. L'hypothèse initiale est vérifiée : le rapport de w à V reste en effet compris pendant les 9/10 du battement, entre 1,2 et 1,7. Pendant le reste du temps il tombe à 0,4 (au point bas pendant la rotation de 90°). L'influence de cette partie du vol est donc faible. On trouve $\alpha = 1,1$; $\beta = 0,1$. Le rendement est 0,75.

Conclusions. — Nous avons montré (³) que la puissance dont disposent les êtres vivants (relevée directement) et celle qu'il faudrait donner à des engins mécaniques de même forme et de même vitesse sont du même ordre. Les calculs précédents confirment le fait et montrent que l'aile battante n'a pas un rendement supérieur à celui des propulseurs mécaniques.

(¹) MAREY, *Le vol des oiseaux*, chez Masson, 1890.
(²) *Loc. cit.*, p. 112, fig. 57.
(³) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 350.

AVIATION. — *Sur les conditions que doit remplir un planeur pour utiliser au mieux les pulsations du vent favorables au vol à voile.* Note de M. **Louis Breguet**, présentée par M. Charles Richet.

Dans une Note précédente [1] nous avons étudié l'effet des pulsations *verticales* du vent sur les ailes d'un planeur, en supposant les incidences du vent relatif sur les ailes données par $i = \frac{B}{2\beta}\theta$.

Dans une deuxième Note [2] nous avons étudié l'effet, sur un planeur en M aplati à 140°, de pulsations *horizontales* du vent reçues latéralement en supposant $i = \theta$.

La présente Note a pour but d'analyser ces effets dans le cas général où $i = K\theta + i_0$, et de rechercher les meilleures valeurs à donner à K et à i_0 pour que les effets des pulsations soient les plus favorables au vol à voile.

En introduisant dans les calculs antérieurement donnés cette valeur de i, on trouve, dans le cas de pulsations verticales, que le carré de leur intensité pour permettre le voile est

$$v_M^2 = \frac{2g\tan\varphi_0}{BK - \beta K^2}\left[\frac{2P}{Sa} + \frac{gB^2K^2}{\omega^2(A + Bi_0)}\right]. \tag{1}$$

Il apparaît de cette condition que les meilleures valeurs à donner au coefficient K pour un planeur déterminé se tirent de l'équation du deuxième degré

$$\frac{2\beta K^2}{B - 2\beta K} = \frac{4\beta(A + Bi_0)}{agB^3}\frac{P}{S}\omega^2. \tag{2}$$

On voit immédiatement que, pour les grandes valeurs de ω, on retrouve la valeur $K = \frac{B}{2\beta}$, K décroissant en tendant vers zéro quand ω tend lui-même vers zéro.

Il y a lieu de noter que, pour les grandes fréquences, les ailes de l'oiseau sont dans l'impossibilité d'osciller en vue de satisfaire à la condition $K = \frac{B}{2\beta}$ qui est toute théorique.

En pratique, pour des périodes comprises entre 0,5 et 2 secondes, on

---

(1) Voir *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 623.
(2) Voir *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 755.

trouve que K est très voisin de l'unité pour les charges au mètre carré de l'ordre de celles des oiseaux.

En prenant K = 1 (cas de l'aile immobile), un planeur genre oiseau peut indistinctement profiter des pulsations verticales de toutes fréquences et l'on vérifie que les effets de ces pulsations diverses s'ajoutent purement et simplement.

De l'équation (1), il apparaît ainsi, si l'on néglige le deuxième terme de la parenthèse qui, pour les faibles périodes, est faible par rapport au premier, que l'intensité v_M est minimum, en même temps que $\tang\varphi_0$ et que, par suite, la meilleure valeur à donner à i_0 correspond à l'incidence de la finesse du planeur. C'est cette valeur que nous adopterons pour nos calculs car elle donne pour v_M, même pour des périodes de 1 à 2 secondes, des valeurs très peu différentes de ses valeurs minima.

Dans ces conditions, si nous appliquons nos calculs à un planeur pour lequel $c_{z_0} = 0,5$, $B = 5$, $\tang\varphi_0 = 0,045$, $\beta = 1,3$, on obtient le tableau suivant :

	$\frac{P}{S}$ (kg)	T (sec.) =	0,5.	0,75.	1.	2.	6.
Albatros.....	10	v_M =	2,15	2,37	2,62	4	10,65
Pétrelle......	5	v_M =	1,65	1,93	2,20	3,74	10,55
Mouette.....	2,5	v_M =	1,31	1,62	1,99	3,61	10,45

On ne connaît pas encore bien, pour les différentes fréquences des pulsations verticales du vent, leurs intensités. Il apparaît des premières constatations de M. Idrac et de celles faites sur le plateau de Saint-Cyr que, pour des vents d'une quinzaine de mètres à la seconde, des intensités de 1 m : sec pour des périodes de l'ordre de 6 secondes seraient des maxima. En ce qui concerne les périodes plus courtes, de 0,5 à 1 seconde, les intensités ne dépasseraient pas $0^m,30$ par seconde. Ces chiffres paraissent pessimistes et nous pensons qu'avec les appareils à fil chaud de MM. Huguenard, Magnan et Planiol, des meilleures valeurs peuvent être mesurées.

Pour un planeur faiblement chargé au mètre carré, l'intensité des pulsations de faibles périodes serait donc, d'après M. Idrac, cinq fois plus faible que celle que réclameraient nos calculs et dix à onze fois plus faible pour des périodes de l'ordre de 6 secondes. Toutefois, si l'on remarque que les effets des pulsations de périodes différentes existant simultanément dans le vent s'ajoutent sur une aile, il est possible que l'addition des effets de l'harmonique fondamental et des effets de plusieurs harmoniques secondaires de courtes périodes communique aux ailes des oiseaux une énergie appré-

ciable, pouvant peut-être atteindre une fraction notable de celle nécessaire au vol à voile, à condition toutefois que la profondeur des ailes soit suffisamment petite devant la longueur de l'onde aérienne utilisée.

Dans le cas de l'utilisation des pulsations horizontales reçues latéralement par des ailes en M aplati, d'angle γ sur l'horizon, on trouve, pour $K = 1$,

$$(3) \qquad v_M^2 = \frac{2g\,\mathrm{tang}\,\varphi_0}{(B-\beta)\cos\gamma\sin^2\gamma}\left[\frac{2P}{Sa} + \frac{g(c_{x_0}+B\sin^2\gamma)^2}{\omega^2(A+Bi_0)\cos\gamma}\right].$$

Il apparaît, là aussi, qu'en donnant à i_0 la valeur qui correspond au minimum de $\mathrm{tang}\,\varphi_0$ on obtient sensiblement les plus petites valeurs de v_M.

Une dérivation montre que la valeur la plus favorable à donner à γ est tirée de la formule suivante :

$$(4) \qquad \frac{\sin^4\gamma}{\cos\gamma(2-3\sin\gamma)} = \frac{P\omega^2(A+Bi_0)}{Sga(B^2+2c_{x_0}B)}.$$

On voit que γ est pratiquement proportionnel à la racine carrée de la fréquence et à la racine quatrième de $\frac{P}{S}$.

En appliquant ces résultats au planeur précédemment considéré, nous avons établi le tableau suivant, en prenant $\gamma = 44°$ pour les faibles périodes et $\gamma = 20°30'$ pour les périodes de l'ordre de 6 secondes :

	$\frac{P}{S}$.	T (sec.) =	0,75.	1.	6.	8.	12.
Albatros ...	10^kg	$v_M =$	3,45	3,74	7,06	7,90	8,84
Pétrelle	5	$v_M =$	2,65	2,9	5,75	6,75	7,82
Mouette ...	2,5	$v_M =$	2,10	2,37	4,96	6,08	7,28

Ce tableau montre que les intensités réclamées sont de l'ordre de celles que certains auteurs ont prétendu relever dans les vents violents; à elles seules, elles permettraient donc le vol à voile. Pour des vents moins forts et, de ce fait, de pulsations moins intenses, les oiseaux, en totalisant les effets de la série des divers harmoniques des pulsations, tant verticales qu'horizontales du vent, paraissent bien devoir trouver ainsi l'énergie nécessaire au vol à voile dynamique si souvent observé.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations de l'éclipse de Lune du 20 février 1924 faites à l'Observatoire de Strasbourg.* Note [1] de M. **Ernest Esclangon**, présentée par M. B. Baillaud.

L'éclipse totale de Lune du 20 février 1924, partiellement visible en France, a pu être observée dans des conditions extrêmement favorables à l'Observatoire de Strasbourg.

La Lune s'est levée en partie éclipsée dans un ciel calme et très pur. Le phénomène a été suivi et observé aux divers instruments par MM. Danjon, Rougier, Esclangon.

La conclusion principale à tirer des observations est que l'éclipse du 20 février doit être rangée dans la catégorie des *éclipses sombres*, avec *absence de coloration* dans la partie éclipsée. Un écran vert Wratten transparent surtout pour la région du spectre $500^{m\mu}$-$550^{m\mu}$ ne modifiait en aucune manière la visibilité des détails de la surface lunaire située dans l'ombre.

Le bord de l'ombre sur le disque présente une netteté inaccoutumée. A $17^h 52^m$, il atteint la mer des Crises visible dans la partie éclipsée, ainsi que plusieurs taches sombres voisines du limbe (Condorcet, Firmincus, Apollonius).

A $17^h 55^m 30^s$, la mer des Crises est entièrement dégagée. Le dernier contact de l'ombre avec le disque lunaire est noté à $17^h 58^m 0^s$ par M. Esclangon, à $17^h 58^m 12^s$ par M. Rougier.

Des observations photométriques précises de la région éclipsée, en fonction de la distance au centre de l'ombre, ont été faites par M. Danjon et seront ultérieurement publiées.

En résumé, l'éclipse du 20 février présente un assombrissement très fortement marqué par rapport à celle du 16 octobre 1921 qui avait été également étudiée au point de vue photométrique à l'Observatoire de Strasbourg.

L'étude photométrique des éclipses de Lune présente un grand intérêt car elle fournit des renseignements sur les caractères optiques de l'atmosphère terrestre, surtout sur leurs *variations*, lesquelles sont importantes bien que mal connues, en relation avec des causes (solaires, électriques ou autres) elles-mêmes mal définies.

Un faisceau d'observations de nature différente, éclipse de Lune, phéno-

[1] Séance du 3 mars 1924.

mènes crépusculaires et même propagation à grande distance des ondes de T. S. F. semble indiquer pour l'année actuelle et la précédente, au point de vue optique et sans doute électrique, un état particulier de l'atmosphère.

Les phénomènes crépusculaires notamment paraissent, depuis le milieu de l'année 1923, se présenter dans des conditions différentes de celles des années antérieures.

Des études sur le crépuscule que j'avais faites de 1902 à 1908 m'avaient conduit à admettre des discontinuités optiques à des hauteurs différentes dans l'atmosphère ([1]) : la première, la plus stable à une altitude variant entre 10 et 16^{km}, la deuxième instable à 30 ou 40^{km}, enfin la troisième à 130^{km}. Les observations faites en août 1923 par MM. Bauer et Danjon au mont Blanc, par moi-même en septembre dans les Alpes, ont montré un affaiblissement important et sans doute momentané de ces discontinuités à haute altitude. Il y a là un ensemble de faits qui doivent être probablement rapprochés dans une cause commune et paraissent mériter une étude approfondie.

RADIATIONS. — *Sur les rayons β secondaires produits dans un gaz par des rayons X.* Note de M. **Pierre Auger**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Dans une précédente Note ([2]) j'ai indiqué le principe des mesures dont il est question ici : un faisceau étroit de rayons X traverse la chambre de détente d'un appareil Wilson ; les électrons arrachés aux atomes du gaz, formant les rayons β secondaires, laissent une trace visible de leur passage. Leur trajectoire peut être photographiée simultanément dans deux directions rectangulaires, ce qui permet de reconstituer leur forme exacte ; en particulier on peut mesurer l'angle θ que font entre elles la direction de propagation des rayons X incidents, et la direction de départ des électrons.

2. Les opérations dont je donne ici le résultat ont été réalisées dans les conditions suivantes : 1° Le gaz enfermé dans la chambre à détente était de l'hydrogène, contenant la vapeur d'eau saturante nécessaire. On peut donc admettre que les électrons proviennent ici en majeure partie des

---

([1]) E. Esclangon, *Sur les illuminations crépusculaires* (*Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 408).

([2]) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 169.

atomes d'oxygène; 2° les rayons X étaient fournis par une ampoule Coolidge fonctionnant sous la tension constante de 45000 volts, et traversaient une petite épaisseur d'aluminium pour absorber le rayonnement mou.

3. Les 163 rayons étudiés étaient assez rectilignes pour que les angles θ soient mesurables à quelques degrés près. Ils se répartissent comme l'indique le tableau suivant, qui les groupe de 10° en 10°, suivant la valeur de θ :

θ	180°	170°	160°	150°	140°	130°	120°
Nombre de rayons	0	0	0	1	3	5	3
θ	110°	100°	90°	80°	70°	60°	50°
Nombre de rayons	11	22	27	32	19	18	12
θ	40°	30°	20°	10°	0°		
Nombre de rayons	4	5	1	0	0		

Si l'on veut tenir compte des angles solides dans lesquels ces rayons sont émis, il faut diviser ces nombres par les valeurs correspondantes de $\sin\theta$; cela affaiblit le maximum, mais ne le déplace pas sensiblement.

4. Trois conclusions semblent pouvoir se déduire de ce résultat :

1° Les rayons émis en avant (dans la direction de propagation des rayons X incidents) sont en plus grand nombre que ceux qui retournent en arrière (sensiblement le double)([2]); 2° Plus de 85 pour 100 des électrons sont émis sous des angles θ compris dans l'intervalle de 45° à 115°; 3° La direction d'émission la plus favorisée fait un angle θ d'environ 80° (à quelques degrés près) avec le faisceau X. Cette direction coïncide d'ailleurs avec le milieu de l'intervalle précédent, la répartition étant assez symétrique.

5. Une interprétation de ces faits peut se déduire des considérations suivantes : La vitesse des électrons expulsés est donnée par la relation photo-électrique d'Einstein, d'après laquelle l'énergie cinétique de ces électrons est égale au quantum $h\nu$ des rayons X agissants (l'énergie de sortie étant négligeable dans le cas étudié). Nous avons ainsi :

$$h\nu = mc^2\left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - \right), \tag{1}$$

où $h\nu$ est le quantum, β le rapport $\frac{v}{c}$ de la vitesse de l'électron à la vitesse de la lumière, m la masse au repos de l'électron.

Pour expliquer la prédominance des rayons projetés vers l'avant, on peut admettre que la composante, suivant la direction du faisceau X, de la

quantité de mouvement de l'électron expulsé, est égale à la quantité de mouvement du quantum incident; la composante normale se trouvant équilibrée par le recul du reste positif de l'atome. On aura en évitant cette conservation

$$\frac{h\nu}{c} = \frac{mv\cos\theta}{\sqrt{1-\beta^2}}. \tag{2}$$

En résolvant les équations (1) et (2) par rapport à cos θ, et en posant pour simplifier $\frac{h\nu}{mc^2} = a$, on trouve

$$\cos\theta = \sqrt{\frac{a}{a+2}}. \tag{3}$$

L'angle θ ainsi trouvé est, suivant cette théorie, l'angle de projection de tous les électrons; mais il est facile d'expliquer la dispersion autour de cette direction par les vitesses préexistantes des électrons dans l'atome, et par des déviations dues au rayon, auprès duquel peut passer l'électron expulsé.

Dans le cas expérimental traité, on a d'après (3) pour les rayons X produits sous 45000 volts (ou moins) un angle $\theta = 78°$ (ou plus). Des mesures à tension plus élevée sont en cours pour observer, s'il y a lieu, le déplacement du maximum.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la recherche de l'émanation du thorium (thoron) dans les sources thermales, par la méthode de l'activité induite.* Note de M. **Adolphe Lepape**, présentée par M. Charles Moureu.

1. Ainsi que l'ont établi les premiers P. Curie et A. Laborde [1], les eaux minérales contiennent presque toutes de l'émanation du radium (radon). Ce fait résulte de l'universelle diffusion du radium dans les matériaux solides de l'écorce terrestre. Mais, puisque le thorium se trouve toujours associé au radium dans les roches, il semblerait que l'émanation du thorium (thoron), gaz isotope du radon, dût également se rencontrer dans toutes les sources thermales. Or, le nombre des sources où le thoron a été signalé est fort restreint [2]. Et l'on peut se demander si ce fait correspond réellement à la rareté du thoron dans les sources ou à la difficulté d'y déceler sa présence.

(1) *Comptes rendus*, t. 138, 1904, p. 1150; t. 142, 1906, p. 1462.

(2) Sur près de deux cents sources du Colorado, par exemple, une seule a été trouvée contenir du thoron (Lester, *Amer. Journ. of Science*, t. 46, 1918, p. 631).

A cause de la vie très brève du thoron (destruction de moitié en 54 secondes), on recherche habituellement ce radioélément en introduisant rapidement les gaz spontanés d'une source dans un électroscope à émanation et en observant aussitôt l'allure du courant d'ionisation. Une autre méthode, plus sûre et plus sensible, est basée sur l'étude du dépôt d'activité induite. Le dépôt dû au radon, qui a pratiquement disparu après 4 heures, peut, en effet, être différencié très aisément de celui dû au thoron, qui diminue de moitié en 11 heures seulement.

2. C'est ce procédé de recherche du thoron que j'ai mis en œuvre dans quelques stations thermales des Pyrénées et du Plateau Central, en 1922 et en 1923.

On effectue généralement le dépôt d'activité induite sur un *fil* métallique négativement électrisé et immergé dans l'atmosphère radioactive. En vue d'augmenter la sensibilité de la méthode, j'ai porté au maximum la surface offerte à ce dépôt, en employant une *feuille métallique ayant pour dimensions celles de la surface latérale intérieure de la chambre d'ionisation de l'appareil de mesure.*

Le dispositif expérimental se présente ainsi : Dans un grand cylindre en zinc (diamètre, 15^{cm}; hauteur, 60^{cm}), placé au-dessus d'un entonnoir dans le griffon, on suspend, par l'intermédiaire d'un bouchon isolant en ambroïde, un cylindre d'aluminium (diamètre, 5^{cm}; hauteur, 50^{cm}), sur lequel est enroulée une *feuille d'aluminium* qui le recouvre entièrement et qu'on porte à un potentiel négatif de 300 à 350 volts (batterie de piles sèches « Hydra ») [1]. Soumises à un champ électrique intense, les particules de Ra A, Ra B, Ra C, etc., Th A, Th B, Th C, etc., se précipitent sur la feuille d'aluminium dès qu'elles naissent de la désintégration des émanations éventuellement présentes dans les gaz spontanés de la source. Au bout de 4 à 5 heures, le dépôt d'activité induite du radium atteint sa valeur maxima (équilibre radioactif), mais celui du thorium augmente pendant deux à trois jours.

Pour étudier ce dépôt radioactif, on applique la feuille collectrice (en l'enroulant sur elle-même, parallèlement à sa petite dimension) sur la surface latérale intérieure de la chambre d'ionisation d'un appareil de mesure (cylindre de laiton de 16^{cm} de diamètre intérieur et 18^{cm} de haut, surmonté d'un électroscope de Chéneveau et Laborde). S'il persiste, 4 heures après la fin de l'exposition dans l'atmosphère radioactive, un courant d'ionisation diminuant ensuite de moitié en 11 heures environ, c'est l'indice de la présence du thoron dans les gaz examinés.

---

[1] Au lieu de piles, encombrantes et d'usure rapide, on peut employer le dispositif de MM. Ledoux-Lebard et Dauvillier, constitué par un petit transformateur chargeant, à travers un kénotron, un condensateur de faible capacité. Cette source de tension permet d'atteindre un potentiel aussi élevé qu'il est désirable, et d'accroître encore notablement la sensibilité de la méthode ici décrite.

3. Pour chacune des neuf sources étudiées, voici, indiquées dans le Tableau suivant, les intensités : initiale, après 4 heures et, après 15 heures, de l'activité induite (en unités arbitraires) présente sur la feuille collectrice, après exposition de 48 heures aux gaz de la source, sous 300 à 350 volts. La dernière colonne contient les concentrations en radon (millimicrocuries par litre de gaz, à l'émergence) (¹) :

Activité induite des gaz des sources thermales.

Stations et Sources.	Activité induite (en unités arbitraires) initiale.	après 4 h.	après 15 h.	Em. Th.	Em. Ra (10^{-9} curie par litre).
I. Stations des Pyrénées.					
Bagnères-de-Luchon :					
(S. Bordeu, n° 1)............	2,89	0	0	néant	132,5
(S. Saule, n° 2..............	2,05	0	0	néant	82,5
Vernet-les-Bains (S. du Parc)..	1,40	0	0	néant	54,7
Les Escaldes (S. Colomer)......	1,28	0	0	néant	21,5
Thuès-les-Bains (Bassin Carré)..	0,74	0	0	néant	17,7
II. Stations du Plateau Central.					
La Bourboule (S. Choussy).....	50	0,12	0,01	traces	161,4
Royat (S. St-Victor)...........	7,93	0,012	0,002	traces	35,2
» (S. Eugénie)............	1,69	0,005	0	?	3,2
St-Nectaire (S. Saint-Cézaire)..	0,31	0,08	0,04	traces	0,7

Pour aucune des sources des Pyrénées, il ne subsiste une activité mesurable après 4 heures. Ces sources ne contiennent donc pas de thoron (²).

Pour les sources du Plateau Central, au contraire, un courant d'ionisation résiduel indique la présence certaine du thoron. L'intensité de ce courant est de l'ordre de grandeur de la fuite spontanée, elle est donc mal déterminée; mais il en résulte cependant qu'il n'existe, dans les sources du Plateau Central, que des traces de thoron. Les nombres les plus nets sont fournis par la source Saint-Cézaire, de Saint-Nectaire, dont la teneur en radon est très faible.

(¹) A. Lepape, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1702.

(²) La sensibilité de la méthode ne saurait être mise en doute, car elle a permis de déceler, avec certitude, le radon et le thoron dans l'air atmosphérique, à Luchon et aux Escaldes, et de montrer, par exemple, qu'à Luchon, l'air de la galerie François est environ cent fois plus riche en radon que l'air extérieur.

4. Ces résultats montrent que, à l'inverse du radon, *le thoron n'existe pratiquement pas, sauf exceptions, aux griffons des sources thermales* [1]. Il n'en reste pas moins certain, cependant, que l'eau minérale, pendant son parcours souterrain, rencontre du thoron, dont une partie doit passer en dissolution. Et, si au griffon, on ne rencontre, au plus, que des traces de ce radioélément, c'est, probablement, parce qu'il s'écoule plus de dix minutes (durée pratiquement totale de la vie du thoron) entre le moment où l'eau s'est, en dernier lieu, chargée de thoron et celui où elle apparaît au jour. Dans cette hypothèse, les produits de désintégration du thoron, dont la destruction est beaucoup plus lente, pourraient encore subsister dans l'eau, au griffon, et il serait intéressant de les y rechercher.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la purification électrolytique des précipités.* Note de M. **André Charriou**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Une particule en suspension ou dissolution dans l'eau porte en général une charge électrique et elle se dirige vers le pôle de signe contraire lorsqu'on vient à créer une différence de potentiel. Nous avons cherché à appliquer ces phénomènes, dans le cas des entraînements par les précipités, à la séparation électrolytique du précipité et du corps absorbé.

Nos expériences ont porté sur des précipités d'alumine ayant entraîné des acides ou des bases.

I. *Alumine et acides.* — Les précipités d'alumine ayant entraîné de l'acide chromique sont fortement colorés en jaune et l'on peut ainsi se rendre compte très facilement de la séparation des deux corps, c'est par suite ce cas que nous avons tout d'abord étudié.

Un précipité, contenant $Al^2O^3 = 1^g,14$ et CrO^3 entraîné pour $100 = 3,7$, était disposé sur un diaphragme en coton de verre, placé au tiers de la hauteur d'une des branches d'un tube en U de 2^{cm} de diamètre. Le tube étant rempli d'eau distillée (longueur totale de la colonne d'eau, 30^{cm}) et à la partie supérieure de chaque branche se trouvant une électrode de platine, on faisait passer un courant continu sous 110 volts.

Alors qu'avant le passage du courant l'acide chromique absorbé par l'alumine est insoluble dans l'eau, sous l'influence du courant il passe assez

[1] Un cas particulièrement frappant est celui de la source d'Echaillon, où MM. Cluzet et Chevallier n'ont pu trouver de thoron, malgré la richesse en radiothorium que présentent les sédiments de cette source (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1163).

rapidement en solution et chemine dans le tube pour venir se concentrer autour de l'anode.

Au bout de 2 à 3 heures, le précipité ainsi que l'eau qui se trouve dans la branche cathodique est parfaitement incolore et tout l'acide chromique est en solution dans la partie supérieure de la branche anodique.

Marche du phénomène en fonction du temps :

Durée du passage du courant.	Intensités en milliampères.	
h m		
0	1,2	
0.30	2	
1	3	le précipité est presque complètement décoloré.
1.30	3,6	le précipité est complètement décoloré.
2	5	toute la branche anodique est colorée par la solution chromique.
2.30	5,8	
3	6,8	
3.30	6,95	
4	5,3	
4.30	5,15	
5	5	l'acide chromique se concentre autour de l'anode.

Si l'on continue à faire passer le courant l'acide chromique se concentre de plus en plus autour de l'anode et l'intensité du courant tombe au bout de 24 heures à 0,5 milliampère.

On peut remarquer que la quantité d'électricité nécessaire à la séparation de l'alumine et de l'acide chromique est du même ordre de grandeur que la quantité d'électricité que demanderait la dissociation électrolytique de la même masse d'acide chromique.

Influence des corps dissous dans l'eau. — Nous avons recherché si en remplaçant l'eau distillée par une solution d'un sel ou d'une base, la séparation serait encore possible.

a. Nitrate d'ammoniaque. — En présence d'une solution de nitrate d'ammoniaque à 1 pour 100, au bout de 12 heures sous 4 volts la séparation est insignifiante.

Avec une solution de nitrate d'ammoniaque à 0,1 pour 100, la séparation est longue, mais elle se réalise néanmoins complètement.

b. Ammoniaque. — En présence d'une solution d'ammoniaque à $0^{mol},2$ par litre la séparation s'effectue normalement.

Nous avons répété ces expériences sur des précipités d'alumine ayant entraîné de l'acide permanganique et de l'acide sulfurique, ainsi que

sur des précipités d'oxyde ferrique ayant entraîné de l'acide chromique.

Dans tous les cas, ces précipités ont été complètement débarrassés des acides entraînés qui sont venus se concentrer autour de l'anode.

II. *Alumine et bases.* — Un précipité d'alumine ayant entraîné de la chaux ou de la baryte était disposé sur le diaphragme en coton de verre, mais placé cette fois dans la branche anodique du tube en U.

Le tube étant rempli d'eau distillée, sous l'influence du courant continu de 110 volts la chaux ou la baryte est passée en solution et est venue se concentrer autour de la cathode.

Un précipité d'alumine ayant entraîné de l'oxyde de cuivre a été traité de la même façon : l'oxyde de cuivre n'étant pas soluble dans l'eau le transport ne s'est pas effectué; mais en remplaçant l'eau par une solution d'ammoniaque à $0^{mol},4$ par litre, dans laquelle l'oxyde de cuivre est soluble, la séparation sous 8 volts a été complète.

Conclusion. — *Si l'on soumet un corps insoluble, ayant absorbé un corps soluble continu, à l'influence d'un courant électrique le corps absorbé passe complètement en solution et chemine vers l'électrode de signe contraire à la charge électrique qu'il porte.*

Applications. — Il sera ainsi possible de réaliser une purification rapide et complète des précipités. On pourra les filtrer dans un creuset de Gooch, et au moment où le précipité se tasse, tellement que l'eau de lavage ne passe plus que très difficilement, il suffira de disposer deux électrodes de platine, l'une appliquée sous le fond du creuset et l'autre baignant dans l'eau que contient le creuset. En faisant passer un courant continu dans un sens ou dans un autre, on éliminera complètement les acides ou les bases avec quelques centimètres cubes d'eau.

Ainsi, un précipité contenant $0^{g},42$ d'alumine et 3,7 pour 100 d'acide chromique a été complètement débarrassé de l'acide chromique par un courant de 0,1 ampère pendant 10 minutes.

De même si l'on soumet à un courant électrique un précipité contenu dans un filtre sans plis, aplati et suspendu dans une cuve étroite entre deux lames de platine, la cuve étant remplie d'eau, les corps entraînés par le précipité passent complètement en solution dans l'eau.

Ces procédés ne peuvent s'appliquer qu'aux précipités complètement insolubles. En effet, un précipité faiblement soluble comme le sulfate de baryte se dissocie petit à petit sous l'influence du courant électrique; l'acide sulfurique et la baryte passent en solution et cheminent le premier vers l'anode, le second vers la cathode.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le paramagnétisme du fer dans le ferricyanure de potassium.* Note de Mlle **Paule Collet**, présentée par M. Paul Janet.

L'étude magnétique d'une solution aqueuse de ferricyanure de potassium par la méthode de dénivellation permet de déterminer avec précision la susceptibilité moléculaire χ_m du sel dissous. Les mesures ont porté sur des solutions renfermant de $1^g,127$ à $20^g,27$ de sel pour 100^g de solution.

L'erreur est plus forte dans le cas des solutions étendues; avec la même précision de lecture des niveaux ($0^{mm},001$), l'erreur relative sur χ_m varie de $\frac{1}{36}$ à $\frac{1}{720}$. Les valeurs extrêmes sont :

$$\chi_m = 1960 \times 10^{-6} \qquad \text{et} \qquad \chi_m = 2258 \times 10^{-6}.$$

La correction du diamagnétisme du reste de la molécule de ferricyanure $[(CN)^6K^3]$ est importante en regard du paramagnétisme mesuré. Elle atteint en effet, d'après des calculs faits sur les expériences de Pascal, 118×10^{-6}. L'incertitude provenant de ce terme de correction est de 5×10^{-6}, et l'on n'en dispose pas.

La loi de Curie permet de déterminer le moment magnétique de l'atome de fer. Le nombre de magnétons obtenu, n, varie d'une manière continue avec la concentration. Il est de 11,40 aux grandes concentrations et de 10,91 pour la solution la plus diluée, c'est-à-dire de 11 au degré de précision des mesures. L'erreur absolue sur n, qui n'est que de 0,023 en solution concentrée, peut, en effet, atteindre 0,2 aux fortes dilutions.

Il y a donc un porteur à 11 magnétons qui existe seul aux dilutions extrêmes, et un autre porteur de moment plus élevé, en quantité croissante avec la concentration.

M. Pierre Weiss a déduit des mesures de Honda sur le ferricyanure solide la valeur $n = 13$ magnétons.

Ces nombres, 11 magnétons et 13 magnétons, qui caractérisent le composé complexe $Fe(CN)^6K^3$ sont l'un et l'autre très inférieurs aux nombres de magnétons (26, 27, 29) des sels ferriques normaux dans les divers états.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence sur les propriétés des sols de sulfure d'arsenic de quelques facteurs physiques intervenant lors de leur préparation.* Note de MM. **A. Boutaric** et **M. Vuillaume**, transmise par M. Daniel Berthelot.

I. *Action de quelques facteurs physiques sur la grosseur moyenne des granules.* — On prépare les sols de sulfure d'arsenic en faisant barboter de l'acide sulfhydrique dans une solution d'anhydride arsénieux et éliminant par un courant d'hydrogène l'excès d'acide sulfhydrique. La grosseur moyenne des granules dépend d'un certain nombre de facteurs physiques intervenant dans la préparation.

Pour comparer la grosseur moyenne des granules dans deux sols de même concentration, on peut, soit étudier le spectre d'absorption des sols, soit, plus simplement, mesurer leur coefficient d'absorption pour une longueur d'onde déterminée. A mesure qu'augmente la grosseur des granules :

1° Les courbes $\log\left(\log\frac{I_0}{I}\right)$ en fonction de $\log\lambda$ se rapprochent de droites dont le coefficient angulaire va en diminant;

2° L'absorption pour une longueur d'onde déterminée augmente.

a. Influence de la concentration de la solution d'anhydride arsénieux. — Prenons trois solutions d'anhydride arsénieux contenant respectivement 20^g, 10^g, 5^g d'anhydride par litre; faisons passer dans ces solutions disposées en série le même courant d'acide sulfhydrique. Ramenons après saturation les trois solutions à la même concentration en sulfure d'arsenic ($6^g,2$ par litre). Pour une longueur d'onde quelconque, l'opacité augmente nettement avec la concentration de la solution d'anhydride arsénieux utilisée; la grosseur moyenne des granules augmente donc avec cette concentration.

b. Influence de la température. — La température ne paraît pas exercer une grande influence. Cependant, pour une même concentration en anhydride arsénieux et une même vitesse du courant d'acide sulfhydrique, une solution préparée à 4° est un peu plus claire qu'une solution préparée à 60°. L'élévation de température favorise le grossissement des granules.

c. Influence de la vitesse du courant d'acide sulfhydrique. — La vitesse du courant d'acide sulfhydrique a une *très grande influence* sur la grosseur moyenne des granules : plus le courant est lent et plus les granules sont gros. En faisant agir l'acide sulfhydrique très lentement par diffusion à la

surface de la solution d'anhydride arsénieux, sans le faire barboter, on obtient une solution absolument opaque : le pouvoir absorbant relatif à la longueur d'onde $\lambda = 586^{m\mu}$ par exemple est environ 60 fois plus grand que pour un sol de même concentration préparé en faisant barboter dans la solution d'anhydride arsénieux un courant très rapide d'acide sulfhydrique.

d. Influence d'un excès d'acide sulfhydrique. — L'opacité d'un sol de sulfure d'arsenic augmente quand on prolonge la durée du passage du courant d'acide sulfhydrique. Dans une expérience, on a fait passer le courant d'acide sulfhydrique pendant 12 heures après que la transformation de l'anhydride arsénieux en sulfure d'arsenic a été totale; l'opacité de la solution a environ doublé.

II. *Variation de la vitesse de floculation avec la grosseur moyenne des granules.* — Il est facile d'obtenir des sols de même concentration dans lesquels les granules ont des grosseurs moyennes différentes, soit en utilisant au moment de la préparation l'influence d'un des facteurs physiques que nous venons de mentionner, soit en provoquant dans une solution le mûrissement des granules par une ébullition prolongée à volume constant.

La vitesse de floculation par KCl et $BaCl^2$ diminue lorsque, à concentration du sol invariable, la grosseur moyenne des granules augmente; la variation est de sens inverse quand on produit la floculation avec $AlCl^3$.

On peut comparer ces résultats avec ceux qui traduisent l'influence, sur la vitesse de floculation, de la concentration des sols dont les granules ont même grosseur moyenne. La vitesse de floculation augmente avec la concentration du sol pour KCl et $BaCl^2$; elle diminue pour $AlCl^3$. Il semble y avoir parallélisme entre les deux phénomènes comme si la vitesse de floculation, pour une même quantité de sel coagulant, dépendait uniquement du nombre des granules : la vitesse de floculation augmenterait avec le nombre de ces granules pour KCl et $BaCl^2$ et diminuerait pour $AlCl^3$. Effectivement $CdCl^2$, qui se comporte comme $AlCl^3$ en ce qui concerne l'influence de la concentration pour des sols de même grosseur granulaire moyenne, se comporte également comme $AlCl^3$ en ce qui concerne l'influence de la grosseur granulaire moyenne pour des sols de même concentration.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une nouvelle méthode d'examen permettant de déceler l'adultération des beurres de cacao.* Note de M. **André Kœhler**, présentée par M. A. Haller.

Les méthodes classiques d'examen des matières grasses, telles que : indices de saponification, indice d'iode, etc., appliquées au beurre de cacao, sont impuissantes à déceler avec quelque certitude le mélange à cette matière grasse d'autres beurres végétaux, surtout lorsque ceux-ci sont ajoutés à des doses relativement modérées, telles que quelques dizaines pour cent.

Nous avons mis au point une méthode nouvelle de la détermination de la pureté des beurres de cacao, relativement aux altérations frauduleuses ou involontaires qu'ils auraient pu subir, méthode très simple, à la portée de tout manipulateur soigneux, et qui, indépendamment du caractère propre de pureté ou de fraude, donne une indication approximative sur le pourcentage de l'impureté mélangée.

Cette méthode repose sur le trouble déterminé dans une solution chloroformique titrée du beurre de cacao, par l'addition d'acétylacétate d'éthyle.

En opérant dans des conditions précises et constantes de température, d'agitation et de titre, le volume d'éther acétylacétique qu'il faut ajouter pour obtenir un trouble constant, est une fonction précise et très sensible de la pureté du beurre.

Tous les beurres purs donnent des résultats rigoureusement concordants.

L'adultération se décèle par une augmentation du volume à ajouter.

Dès qu'un beurre contient une proportion d'impureté ou de graisse étrangère, supérieure à 15 pour 100, celle-ci se décèle immédiatement avec une certitude absolue : l'augmentation dans le volume nécessaire pour déterminer la réaction est d'au moins 25 pour 100 par rapport au volume correspondant au beurre pur.

Pour une altération à 10 pour 100 ou une altération plus petite, il peut y avoir doute : on enrichit alors le beurre soupçonné par liquation (cristallisation fractionnée au repos).

On retombe sur un beurre dans lequel la proportion d'adultérant atteint au moins 15 pour 100, c'est-à-dire pour leqnel la méthode représente une certitude absolue.

La réaction, comme toutes les méthodes physico-chimiques du même genre, manifeste une grande sensibilité à la température, et l' « indice de trouble » (nombre de centimètres cubes d'éther acétylacétique à ajouter pour obtenir un trouble constant) varie fortement en l'espace de quelques degrés.

Ce point n'entraine pas d'inconvénient pratique : on appliquera toujours la méthode, non pas en valeur absolue, mais *par comparaison* avec un beurre pur : il sera facile d'avoir à la même température la solution de beurre pur et de beurre soupçonné, et le chiffre gardera sa valeur.

La réaction se fait le mieux avec des solutions chloroformiques à 20 pour 100, et à des températures comprises entre 15 et 20° C.

Au-dessus et au-dessous de ces températures, il sera bon d'opérer avec des solutions plus ou moins concentrées.

Enfin, pour des adultérations massives, de l'ordre de 70 à 100 pour 100, qui donnent, par la précipitation de l'adultérant, des indices de trouble sujets à confusion avec les indices des beurres purs, on lèvera le doute sans aucune difficulté en préparant des mélanges à 25, 50 et 75 pour 100 en volumes, de la solution chloroformique du beurre soupçonné avec une solution chloroformique de beurre pur : ces mélanges peuvent être faits extemporanément et sur place, dans le tube à essai lui-même.

Si le beurre est pur, l'indice sera constant.

Si le beurre est adultéré, l'un des mélanges au moins se trouvera dans l'aire des adultérations comprises entre 15 et 40 pour 100, pour lesquels l'indice accuse une variation considérable, pouvant l'amener à l'infini (il arrive souvent, dans cette aire, que les solutions soient miscibles en toutes proportions), et entraînant le caractère du mélange des beurres.

Le titre du mélange des solutions fournissant le résultat caractéristique indique le pourcentage approximatif de l'altération.

En résumé, le nombre de centimètres cubes d'éther acétylacétique pur qu'il faut ajouter dans 2^{cm^3} d'une solution chloroformique à 20 pour 100 de beurre de cacao, pour obtenir un louche constant et n'augmentant plus par addition d'une goutte supplémentaire (point exceptionnellement facile à saisir, et d'une sensibilité remarquable) fournit un chiffre appelé « indice de trouble » caractéristique et constant pour les beurres purs, et variant considérablement dès que le beurre de cacao est additionné de beurres étrangers ; il constitue ainsi une méthode d'examen de la pureté des beurres de cacao.

Cette méthode est probablement applicable à l'examen d'autres matières grasses.

MÉTALLURGIE. — *Différenciation des aciers par l'examen des étincelles de meulage dans l'air et dans l'oxygène.* Note de M. E. PITOIS, transmise par M. Rateau.

Jusqu'ici les essais effectués à l'usine pour classer les aciers, essais faits par *prélèvement*, ne donnaient qu'une *probabilité* de nuance pour les divers éléments de chaque lot, attendu que l'on ne peut pas plus songer à tractionner, après recuit, tous les tubes ou toutes les barres ou toutes les tôles d'un lot, qu'à faire pour chacun de ces éléments une micrographie ou une analyse chimique.

Sans doute l'essai « à la bille » pourrait théoriquement être étendu, sinon aux tôles et aux tubes pour lesquels il ne convient pas, du moins à toutes les barres d'un lot; mais si l'on n'a pas recuit ces barres, ce qui n'est pas toujours indiqué, on n'est renseigné que sur l'état actuel du métal et l'on peut très bien prendre — l'expérience l'a montré — un acier doux écroui pour un acier mi-doux ou mi-dur.

Certains accidents causés par des ruptures de boulons et tendeurs d'avions n'ont pas eu d'autre cause.

L'essai aux étincelles, que j'ai mis au point, permet de remédier très simplement à cet état de choses.

La présente Note a pour but :

1° De donner une explication complète du phénomène de l'étincelle de meulage;

2° De montrer comment j'ai réussi à fixer par la photographie les variations du phénomène suivant les aciers les plus divers et comment la gamme ainsi obtenue constitue la base d'une méthode particulièrement rapide et économique d'essais qualitatifs individuels, permettant de connaître la nuance du métal, quel que soit son état actuel (recuit, trempé, écroui);

3° De faire connaître le procédé de meulage dans l'oxygène, que j'ai imaginé pour la différenciation des aciers à soupapes.

I. *Le phénomène de l'étincelle de meulage.* — Pour séparer, dans ce phénomène de meulage, ce qui est échauffement consécutif à l'arrachement mécanique et ce qui est échauffement d'oxydation, j'ai fait des meulages dans un gaz n'entretenant pas la combustion : l'acide carbonique.

L'appareil nécessaire à de telles expériences consiste en une caisse vitrée, munie de robinets pour l'arrivée et l'évacuation des gaz, et de trappes à rebords feutrés pour l'introduction préalable des éprouvettes, caisse dans laquelle un petit moteur électrique fait tourner très rapidement une meule

à émeri, au contact de laquelle l'éprouvette à essayer peut être amenée par une commande à vis extérieure, une pression constante étant d'autre part obtenue par un mécanisme à levier différentiel à contrepoids réglables.

On sait qu'*à l'air libre* certains aciers, et notamment les aciers fondus au carbone ou bien les aciers à haute teneur en carbone et manganèse, donnent des gerbes d'étincelles particulièrement *riches en éclatements brillants*.

En atmosphère carbonique, on constate qu'il ne reste plus de ces gerbes que quelques rayons *rouges*, *très sombres*, *sans aucun éclatement;* ce qui prouve qu'en l'absence d'oxydation l'échauffement mécanique initial arrive tout juste à porter au rouge sombre les particules d'acier arrachées et projetées par la meule.

Comme contre-épreuve, le meulage dans l'oxygène donne des étincelles d'un blanc éblouissant avec la plupart des aciers qui, comme ceux au tungstène, donnent dans l'air des gerbes rouges et seuls résistent quelques aciers tout à fait inoxydables à haute température.

Dans l'air, l'échauffement d'oxydation suffit à porter à la fusion la plupart des particules avec les aciers ordinaires. Je le prouve en coupant les gerbes par des plaques de verre, où les particules, par suite de leur haute température, s'incrustent en donnant naissance à toutes les éclaboussures de rejaillissement d'une gouttelette liquide, éclaboussures que j'ai pu micrographier. Il est à signaler que la forme des inscrustations varie avec les aciers au point de se prêter à de multiples différenciations.

Poussant plus loin l'analyse du phénomène, j'ai réussi, en usant délicatement des incrustations d'acier eutectique sur du papier à la potée d'émeri, les polissant à l'alumine et les attaquant à l'acide picrique, à montrer qu'elles n'offrent plus l'aspect perlitique total, caractéristique de l'eutectique, qu'on y remarque de larges plages de ferrite, résultat de la décarburation, et que cette décarburation est complète si l'on répète l'expérience en atmosphère d'oxygène.

Ainsi, chaque particule d'acier projetée par la meule devient un globule en fusion où l'oxygène de l'air brûle le carbone, et le phénomène de l'étincelle n'est autre chose que l'explosion d'une gouttelette sous l'action des gaz produits par cette combustion.

II. *Obtention de gammes photographiques donnant une base précise à « l'essai aux étincelles »*. — L'expérience montre que chaque nuance d'acier peut être caractérisée par l'apparence de l'éclatement le plus complexe auquel cet acier donne naissance, apparence qui reste immuable pour un même acier, qu'il soit recuit, trempé ou écroui, puisqu'elle ne dépend que

de la teneur en carbone. J'ai pu fixer avec précision ces formes par la photographie à l'aide d'un matériel d'optique à très haute luminosité et d'obturateurs de plaques spécialement réglés.

La différenciation de chaque nuance est très nette :

Par exemple les étincelles en fuseau, en fourche, en étoile simple, en étoile multibranche, en éclatements multiples, en houppe, en épis, en fleur, en bouquet de fleurs, caractérisent successivement les aciers extra-doux, doux, doux trempants, demi-doux, fortement demi-doux, demi-durs, fortement demi-durs et extra-durs.

On remarquera la distinction de la nuance douce trempante par l'apparition de l'étoile, qui marque la limite des aciers propres à la cémentation et à certaines utilisations, notamment lorsqu'il s'agit de tôles, l'emploi comme chemise à eau dans les moteurs d'avion.

De même, aux étincelles on voit tout de suite si une fonte *grise*, dont la caractéristique est une gerbe *rouge sombre* à rares éclatements en hallebardes, a une croûte *blanche*, dont la caractéristique est une gerbe *brillante* toute fourmillante d'éclatements en fleurs de lys, et l'on évitera ainsi bien des détériorations d'outils.

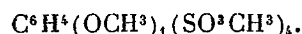
Enfin pour les aciers spéciaux, j'ai réalisé des séries de planches photographiques fixant également les caractères principaux permettant de reconnaître chaque constituant et notamment le silicium, le nickel, le chrome, le tungstène et le manganèse.

III. *Extension de la méthode dans l'oxygène; critère d'inoxydabilité à haute température pour les aciers à soupapes.* — Si la plupart des aciers, qui dans l'air donnent des gerbes rouges, « flambent » littéralement dans l'oxygène sous l'action de la meule, il en est qui résistent, certains partiellement, d'autres totalement.

La proportion et la fréquence des éclatements blancs renseignent immédiatement sur le degré d'inoxydabilité à haute température de l'acier essayé. On a donc là un nouveau critère extrêmement précieux pour les aciers à soupapes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthylation des amines tertiaires et des alcaloïdes au moyen des éthers sulfométhyliques dérivés des phénols.* Note de MM. L.-J. Simon et M. Fréréjacque.

L'action à la fois sulfonante et méthylante du sulfate diméthylique sur les phénols nous a rendu aisément accessibles les éthers sulfométhyliques de ces substances [1] : par exemple l'éther sulfométhylique de l'anisol, substitué en para



$$C^6H^4(OCH^3)_1(SO^3CH^3)_4.$$

A cette occasion nous avons déjà signalé l'aptitude de ces éthers à méthyler les amines. Cette aptitude, qui fait des éthers sulfométhyliques une sorte de succédané de l'iodure de méthyle ou même du sulfate diméthylique, a déjà été reconnue; elle ne mériterait pas d'être signalée si l'emploi des substances que nous avons étudiées ne se prêtait pas *pratiquement* à des résultats plus avantageux.

I. L'hexaméthylène-tétramine $(CH^2)^6N^4$ ou urotropine qui résulte comme chacun sait de l'action du formol sur l'ammoniaque, soumise à l'action de l'iodure de méthyle, du sulfate diméthylique ou de certains éthers sulfoniques dérivés *des hydrocarbures aromatiques* s'y combine pour donner le sel d'une base méthylée quaternaire



$$C^6H^{12}N^4 + R(OCH^3) = C^6H^{12}N^3(NCH^3)(OR) \rightarrow C^6H^{12}N^3N(OH)CH^3.$$

Un groupe méthyle se fixe sur un atome d'azote tertiaire et le radical acide y reste fixé de son côté pour donner le sel correspondant de l'hydrate quaternaire.

Les éthers sulfométhyliques dérivés *des phénols* que nous avons obtenus se prêtent remarquablement à cette même réaction et fournissent très facilement et très complètement les sels phénolsulfoniques de la même base.

L'opération se fait pour le mieux en solution chloroformique où les sels formés sont insolubles; elle se fait rapidement à froid, plus vite encore si l'on chauffe légèrement. Pour mieux apprécier la sensibilité de cette réaction, il suffira de dire que 20^{mg} d'urotropine et poids égal d'éther anisolsulfonique dissous séparément dans 10^{cm^3} de chloroforme fournissent au bout de quelques minutes les cristaux caractéristiques de la combinaison saline;

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 900, et t. 177, 1923, p. 533.

si même on s'astreint à ne pas élever la température, ces cristaux apparaissent bien formés au bout de quelques jours.

Nous avons étendu cette réaction aux dérivés sulfométhylés des crésols et des crésolates de méthyle, ainsi qu'au dérivé sulfométhylé du salicylate de méthyle ([1]).

$C^6H^4(OH)_1(SO^3CH^3)_4$	225°	$C^6H^4(OCH^3)_1(SO^3CH^3)_4$	195°
$C^6H^3(OH)_2(CH^3)_1(SO^3CH^3)_5$...	134°	$C^6H^3(OCH^3)(CH^3)_1(SO^3CH^3)_5$.	190°
$C^6H^3(OH)_1(CH^3)_4(SO^3CH^3)$...	175°	$C^6H^3(OCH^3)_1(CH^3)_4SO^3CH^3$...	215°

$C^6H^3(OH)_2(CO^2CH^3)_1SO^3CH^3$. 230°

Les sels obtenus sont très solubles dans l'eau et l'alcool, insolubles dans le benzène, l'éther et le chloroforme. L'alcool butylique paraît être pour ces substances le dissolvant de choix : c'est dans l'alcool butylique qu'elles ont été recristallisées. Ces sels d'une base quaternaire fournissent, lorsqu'on les traite en solution aqueuse par l'acide picrique, les picrates correspondants. Elles se prêtent à la réaction colorée suivante : chauffées au bain-marie, même à l'état de trace, avec un peu d'acide sulfurique concentré, elles lui communiquent une coloration rouge cerise qui disparaît par addition d'eau ou qui brunit par prolongation de la chauffe.

II. Des combinaisons de même nature peuvent être obtenues avec d'autres bases tertiaires : antipyrine, pyramidon, diméthylaniline, pyridine. La seule modification à apporter réside dans le choix du solvant : au chloroforme dans lequel le sel formé est trop soluble on substitue le benzène et il est avantageux de chauffer légèrement au bain-marie pour accélérer la réaction.

Avec l'antipyrine, les produits obtenus avec l'éther méthylsulfonique du salicylate de méthyle et de l'anisol fondent respectivement à 135° et 96°.

Avec le pyramidon l'anisolsulfonate de méthyle fournit un sel fondant à 162° et avec l'éther méthylsulfonique du salicylate de méthyle un sel fondant à 97°. Il n'est pas interdit d'espérer que *parmi toutes ces combinaisons qui sont naturellement nouvelles quelqu'une puisse être utilisée en thérapeutique.* De ces combinaisons salines il est facile de revenir à la base quaternaire correspondante.

III. Cette même réaction peut également être étendue aux alcaloïdes : nous nous sommes limités d'une part à l'anisolsulfonate de méthyle et,

---

([1]) Les températures indiquées sont des températures de décomposition suffisamment nettes pour être utilisées à la spécification.

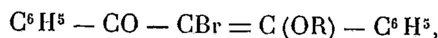
d'autre part, à la brucine, la strychnine, la quinine et la quinidine. Les choses se passent comme avec les autres bases tertiaires et l'on obtient les sels de l'acide anisolsulfonique avec les bases quaternaires correspondantes. Ce qui distingue chaque cas c'est le solvant à employer : avec la quinine et la strychnine on peut employer le benzène comme avec le pyramidon et l'antipyrine. Avec la brucine au contraire on obtient en solution benzénique ou en solution chloroformique une gelée qui ne se résout que lentement en cristaux; il faut alors employer comme solvant l'alcool méthylique. Avec la quinidine on utilisera l'éther ordinaire. Des sels obtenus, les acides picrique et chloroplatinique régénèrent les picrate et chloroplatinate des bases quaternaires, l'iodure de potassium régénère l'iodométhylate correspondant.

IV. Si l'on envisage les bases quaternaires extraites de leurs sels, nous avons déjà dit au début de cette Note qu'elles peuvent être obtenues par d'autres moyens de méthylation tels que l'iodure de méthyle ou le toluène sulfonate de méthyle. L'avantage de l'emploi de l'anisolsulfonate de méthyle c'est d'utiliser un réactif facile à obtenir et fournissant par une technique simple des substances généralement très bien cristallisées et propres à la spécification des bases tertiaires. L'emploi plus direct du sulfate diméthylique conduit à des substances trop déliquescentes pour être analysées ou même isolées. D'autre part des recherches récentes (Gibson et Vining) ont montré que le sulfate diméthylique peut agir sur les molécules cycliques azotées comme sulfonant ainsi qu'il le fait sur les phénols et alors résultent des complications qui ne se présentent pas avec l'anisolsulfonate de méthyle et ses congénères.

Pour ces raisons diverses : accès facile du réactif employé, isolement et purification facile du produit de la réaction, retour sans réaction latérale à la base quaternaire formée ou à ses dérivés habituels et enfin acquisition éventuelle de nouveaux agents thérapeutiques, cette réaction nous a paru mériter d'être signalée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches stéréochimiques dans la série de la benzalacétophénone. Sur quelques dérivés du dibenzoylméthane et de la benzalacétophénone.* Note [1] de MM. **Charles Dufraisse** et **Alfred Gillet**, présentée par M. Charles Moureu.

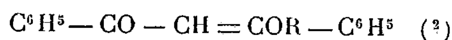
En vue de soumettre à l'épreuve diverses hypothèses conçues au cours de travaux précédents, nous nous sommes proposé de préparer des dérivés de la benzalacétophénone répondant à la formule



$$C^6H^5 - CO - CBr = C(OR) - C^6H^5,$$

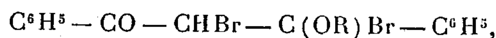
où les quatre restes fixés sur les carbones éthyléniques $= C = C =$ sont aussi dissemblables que possible, aucun d'eux n'étant l'atome d'hydrogène. Dans le présent exposé, nous décrirons sommairement un mode général d'obtention et quelques propriétés caractéristiques de ces composés. Leur préparation nous a donné l'occasion de trouver un mode général de formation d'une série de nouveaux dérivés du dibenzoylméthane, répondant à la formule $C^6H^5 - CO - CHBr - C(OR)(OR') - C^6H^5$, où R et R' peuvent être identiques ou différents. Ce sont des *monoacétals* du bromodibenzoylméthane $C^6H^5 - CO - CHBr - CO - C^6H^5$: nous en dirons quelques mots.

1° *Les monoacétals du bromodibenzoylméthane.* — Les β-alcoxybenzalacétophénones



$$C^6H^5 - CO - CH = COR - C^6H^5 \quad (^2)$$

peuvent fixer Br^2 sans dégagement important de HBr, mais le dibromure obtenu



$$C^6H^5 - CO - CHBr - C(OR)Br - C^6H^5,$$

extrêmement sensible à l'action de l'humidité, se transforme aussitôt en bromodibenzoylméthane



$$C^6H^5 - CO - CHBr - CO - C^6H^5.$$

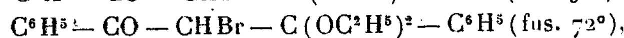
En prenant des précautions appropriées, nous avons réussi à remplacer l'atome de brome placé près du groupe — OR par un second reste — OR. Nous avons préparé de cette manière, avec d'excellents rendements, les

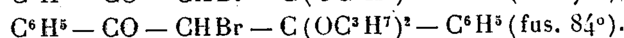
(1) Séance du 25 février 1924.

(2) Ch. Dufraisse et P. Gérald, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 31, 1922, p. 1299.

corps suivants :


$$C^6H^5-CO-CHBr-C(OCH^3)^2-C^6H^5 \text{ (fus. 91°)},$$


$$C^6H^5-CO-CHBr-C(OC^2H^5)^2-C^6H^5 \text{ (fus. 72°)},$$

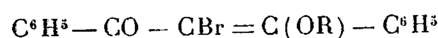

$$C^6H^5-CO-CHBr-C(OC^3H^7)^2-C^6H^5 \text{ (fus. 84°)}.$$

Le mode d'obtention indiqué ci-dessus, ainsi que celui décrit plus loin, peuvent se prêter l'un et l'autre à la préparation des acétals dissymétriques, où les deux restes alcooliques sont différents l'un de l'autre. Nous avons vérifié le fait en préparant, par les deux procédés, le composé suivant :


$$C^6H^5-CO-CHBr-C(OCH^3)(OC^2H^5)-C^6H^5 \text{ (fus. 90°)}.$$

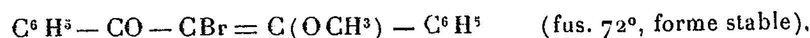
La présence, sur cette dernière molécule, de deux atomes de carbone asymétriques, laisse prévoir l'existence de deux racémiques. Le premier de ces isomères stéréochimiques a été isolé sans trop de peine, mais le second n'a été qu'entrevu : sa solubilité, jointe à sa grande sensibilité chimique, rend son extraction fort délicate ; nous en poursuivons la préparation.

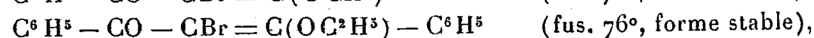
Ces divers corps sont blancs. Ils sont particulièrement sensibles à l'action des acides, qui les transforment aussitôt en bromodibenzoylméthane. Ils perdent à chaud une molécule d'alcool en donnant les composés éthyléniques

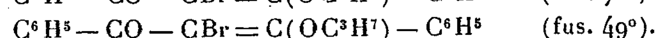

$$C^6H^5-CO-CBr=C(OR)-C^6H^5$$

dont nous cherchions précisément à réaliser la préparation.

2° *Les α-bromo-β-alcoxybenzalacétophénones.* — Nous avons préparé, d'après la réaction précédente, les corps suivants :


$$C^6H^5-CO-CBr=C(OCH^3)-C^6H^5 \quad \text{(fus. 72°, forme stable)},$$


$$C^6H^5-CO-CBr=C(OC^2H^5)-C^6H^5 \quad \text{(fus. 76°, forme stable)},$$


$$C^6H^5-CO-CBr=C(OC^3H^7)-C^6H^5 \quad \text{(fus. 49°)}.$$

Ce sont des substances colorées en jaune pâle, hydrolysables à chaud sous l'influence des acides étendus, avec formation de bromodibenzoylméthane. Les alcolates alcalins fixent une molécule d'alcool sur la double liaison, conformément à la réaction qui a été décrite dans un travail antérieur (*loc. cit.*) ; il y a production d'un monoacétal, qui peut être symétrique aussi bien que dissymétrique (voir ci-dessus).

3° *Particularités cristallographiques des α-bromo-β-alcoxybenzalacétophénones : a. Formes cristallines multiples.* — Ces composés ont une tendance marquée à se manifester sous plusieurs formes, dont chacune est caractérisée d'abord par ses constantes cristallographiques et aussi par un point de fusion défini et par des solubilités déterminées. C'est ainsi que le dérivé

méthoxylé a été isolé sous deux formes fondant respectivement à 64° et à 72°, et le dérivé éthoxylé sous trois formes fondant respectivement à 65°, 73° et 76°. Les différences de solubilités entre les formes successives du même corps peuvent aller du simple au triple. La forme fondant le plus haut est la plus stable : dès qu'elle a fait son apparition dans le laboratoire, *il est impossible d'obtenir une autre forme sans prendre les précautions utilisées par les bactériologistes pour l'obtention des cultures microbiennes pures*. Les cristaux à bas point de fusion, abandonnés aux poussières du laboratoire, surtout quand ils sont mouillés de solvant, se transforment, parfois même avec une surprenante rapidité, en cristaux à point de fusion élevé. Les cristallisations des formes instables ne peuvent être réalisées *qu'en pratiquant une véritable asepsie, c'est-à-dire en stérilisant les appareils et les instruments et en évitant les poussières* (¹).

b. Un cas d'isomorphisme. — La forme du dérivé méthoxylé fondant à 64° (forme instable) est isomorphe avec l'un des isomères stéréochimiques d'un autre dérivé de la benzalacétophénone, celui des deux isomères de la dibromobenzalacétophénone, $C^6H^5 - CO - CBr = CBr - C^6H^5$, qui fond à 80° (forme stable) (²). Une parcelle de ce dernier corps, lequel cristallise en pyramides hexagonales, mis au contact du dérivé méthoxylé surfondu ou en solution sursaturée, détermine la cristallisation de la forme fondant à 64°, elle aussi constituée par des pyramides hexagonales. Il est curieux de voir ainsi une forme cristalline stable d'un certain corps servir d'amorce pour l'obtention d'une forme cristalline instable d'un autre corps très différent. Le même isomorphisme a été observé avec la forme instable (forme B_α fondant à 71°) de l'un des dérivés diiodés de la benzalacétophénone (²).

Chose étrange, tous les essais tentés en vue d'amorcer de même les dérivés éthoxylé et propioxylé ont échoué : le groupement méthoxy $CH^3 - O -$ se sépare donc nettement des groupements homologues, et, par contre, se rapproche singulièrement, dans l'architecture moléculaire, des atomes d'halogène Br et I.

Nous poursuivons ces observations ainsi que l'étude des conclusions que l'on peut en tirer au point de vue stéréochimique.

(¹) Voir à ce sujet les belles recherches de E. Biilmann, sur les formes multiples de l'acide allocinnamique (*Ber.*, t. 42, 1909, p. 182). Voir aussi E. Biilmann et H. Lund, *Ann. de Chimie*, 9ᵉ série, t. 18, 1922, p. 263.

(²) Ch. Dufraisse, *Ann. de Chimie*, 9ᵉ série, t. 17, 1922, p. 152.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la dispersion rotatoire de l'acide tartrique.* Note [1] de M. Louis Longchambon, présentée par M. Fréd. Wallerant.

La dispersion rotatoire d'une substance déterminée est une propriété qui se conserve lorsque le corps passe de l'état solide à l'état liquide par fusion ou dissolution; par contre, on doit s'attendre à ce que la dispersion varie si le changement d'état provoque une modification dans la constitution de la molécule, une polymérisation par exemple, ou si le solvant se combine à cette molécule, comme peut le faire l'eau en donnant un hydrate.

L'acide tartrique présente de telles variations en fonction de la température et de la dilution : on sait que les solutions de cet acide se comportent, aux concentrations moyennes, comme si elles contenaient deux composés actifs, l'un droit, l'autre gauche, et de dispersions rotatoires différentes; on suppose généralement que le corps droit est l'acide tartrique ordinaire, le corps gauche pouvant être un isomère, un polymère, un anhydride, un éther interne, etc. En fait, on ne sait rien sur ces deux composants, si ce n'est que leurs activités sont de signes contraires. J'ai pensé qu'il pouvait être utile de comparer la dispersion rotatoire du corps cristallisé aux dispersions si variables des solutions [2].

J'ai pu mesurer le pouvoir rotatoire des cristaux sur une lame à faces parallèles taillée normalement à un axe optique et progressivement amincie jusqu'à l'épaisseur de $0^{mm},51$; la précision des mesures atteint le centième des rotations observées sous cette épaisseur. J'ai d'abord utilisé les radiations monochromatiques de l'arc au mercure séparées spectralement, puis, profitant de ce que la direction des axes optiques varie très peu avec la longueur d'onde, j'ai pu employer de très étroites bandes du spectre continu d'un arc ordinaire. Le tableau suivant indique les valeurs du pouvoir rotatoire pour une épaisseur de 1^{mm} :

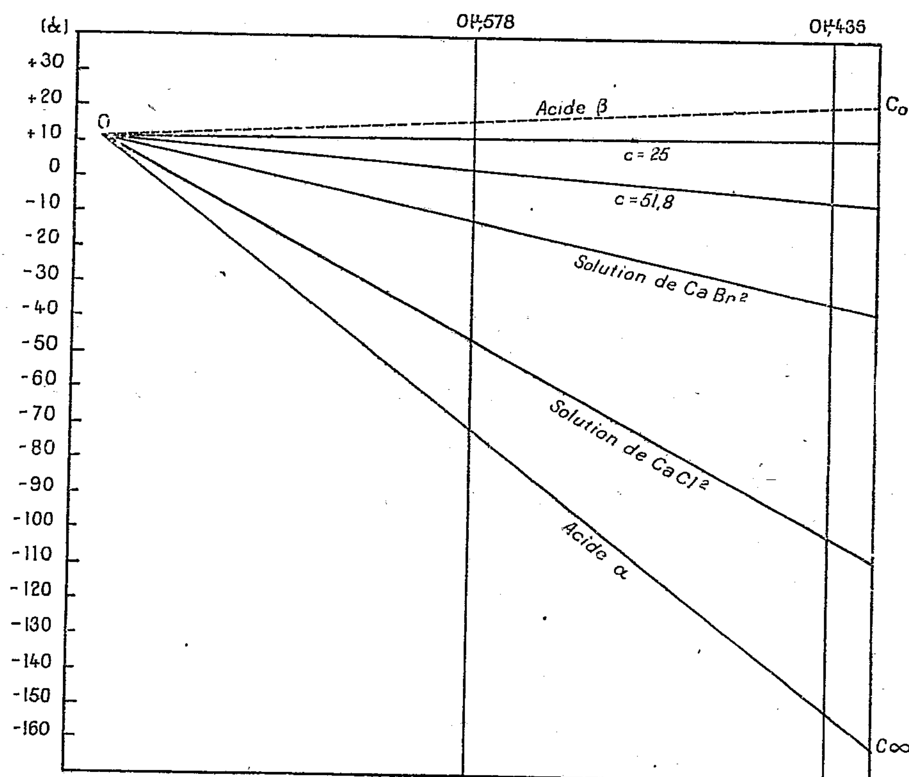
λ............	650.	600.	578.	550.	546.	500.	480.	$436^{\mu\mu}$.
ρ.........	9°,1	10°,3	11°,2	12°,6	13°,0	16°,9	19°	24°

La dispersion rotatoire est d'allure normale, mais très forte, alors que

(1) Séance du 11 février 1924.

(2) Dufet, à qui l'on doit la découverte du pouvoir rotatoire de l'acide tartrique cristallisé, avait montré que la dispersion est normale.

pour les tartrates le rapport des rotations pour les radiations indigo et jaune du mercure (436 et 578$^{\mu\mu}$) ne dépasse pas 1,8 ce même rapport atteint 2,14 pour l'acide tartrique.



Dans un Mémoire récent sur les variations du pouvoir rotatoire de l'acide tartrique dans les solutions des sels neutres, M. de Mallemann, en traçant le diagramme rectiligne de Darmois, a montré que toutes les dispersions obtenues sont correctement représentées par un diagramme présentant un seul point de convergence, ce qui confirme l'hypothèse des deux constituants. La figure ci-dessus reproduit les droites relatives aux radiations indigo et jaune pour des solutions de différentes compositions; la droite OC_0 a été obtenue par extrapolation à partir des solutions aqueuses : la dispersion d'une solution infiniment diluée serait égale à 1,3, donc très différente de celle du cristal.

Au contraire, les solutions concentrées en acide et en sels neutres montrent de fortes rotations lévogyres à dispersions élevées. Lorsque la concentration augmente, le pouvoir rotatoire croît et la dispersion diminue; mais le diagramme montre que cette dispersion ne peut descendre au-dessous de 2; or, les solutions qui donnent les plus fortes déviations lévogyres, c'est-à-dire celles qui contiennent les plus fortes proportions de corps gauche, ont une dispersion égale à 2,22 : il en résulte que la dispersion du constituant gauche pur est comprise entre 2 et 2,22; elle est donc très voisine de celle de l'acide tartrique cristallisé.

De plus, si l'on trace la droite représentant la dispersion 2,14 (droite OC_∞), on voit qu'elle correspond à un pouvoir rotatoire de $-70°$ pour le jaune; cette valeur est assez rapprochée des rotations les plus élevées obtenues dans les solutions concentrées en sels neutres pour qu'on puisse admettre que le corps gauche existant dans ces solutions possède la dispersion 2,14 et un pouvoir rotatoire de $-70°$.

Le constituant gauche ne serait donc ni un anhydride ni un éther interne; ce serait l'acide tartrique ordinaire, tel qu'il se trouve dans le cristal; je l'appellerai *acide tartrique* α.

J'appellerai le corps droit *acide tartrique* β; c'est la formation de cet acide β aux dépens de l'acide α, par dilution ou élévation de température, qui produit les anomalies de dispersion rotatoire. Le pouvoir rotatoire moyen de cet acide en solution est d'environ $+15°$ pour le jaune, et sa dispersion est égale à 1,3.

Il serait imprudent de faire dès maintenant des hypothèses sur la masse moléculaire des formes α et β de l'acide tartrique.

GÉOLOGIE. — *Sur des mouvements récents en Albanie occidentale.* Note (¹) de M. **Jacques Bourcart**, présentée par M. Louis Gentil.

On sait que Suess (²), se basant sur des découvertes isolées, avait déjà décrit un *golfe tertiaire de l'Albanie*, conception élargie par M. Haug (³) en celle d'un *sillon transégéen*.

(¹) Séance du 8 mars 1924.
(²) E. Suess, *Das Antlitz der Erde*, vol. 3, trad. E. de Margerie, p. 433-443.
(³) E. Haug, *Traité de Géologie*, t. 3, p. 1676.

J'avais pu suivre, dans ma Thèse de doctorat [1], la totalité des dépôts de ce sillon et j'ai montré que la mer avait subsisté jusqu'à l'époque pontienne dans un grand *synclinal*, qui se poursuivait du golfe de Volo par la vallée de la Vistrica, la Gora, la Mokra et la dépression du Mati jusqu'au lac de Scutari. La partie la plus septentrionale a encore été occupée par la mer à l'époque plaisancienne et astienne. Ce synclinal est assez étroit : il n'excède 40^{km} en aucun point.

Plus à l'ouest, un autre synclinal se poursuit en Albanie, d'Elbasan à l'embouchure de l'Ishmi. Il a été occupé par la mer, du Burdigalien au Sarmatien au sud et jusqu'au Pliocène au nord.

Au cours d'un voyage effectué l'été dernier, j'ai pu suivre ce synclinal et en déterminer le trajet. Il est étroitement pincé et souvent faillé suivant son axe. Il communiquait largement au nord avec l'Adriatique miocène par le golfe du Drin. Un anticlinal qui part du cap Rodoni pour se poursuivre au delà du Shkumbi en direction du Tomor, sépare ce synclinal d'un golfe néogène qui a occupé toute l'Albanie occidentale. Le synclinal de Tirana est donc plus récent que le synclinal transégéen; les dépôts qu'ils renferment, l'un et l'autre, présentent de légères différences de facies entre eux et avec ceux du golfe occidental.

J'avais déjà comparé cette disposition à celle du synclinal surplissé du Monte Promina et à celle des *canali* actuels de la Dalmatie et montré, que, comme dans la série nummulitique, les seules lacunes de stratification dans ces dépôts s'observaient sur les sommets des anticlinaux secondaires et étaient dues au jeu de mouvements d'exhaussement contemporains de la sédimentation.

En même temps que paraissait ma thèse, Nowack [2] publiait un très intéressant mémoire où il signalait, dans la série tertiaire plissée du golfe de l'Albanie occidentale, des traces de discordance sur les anticlinaux, tandis que la concordance restait parfaite dans les synclinaux. Il indiquait au sujet de Miocène ce que j'avais montré pour le Flysch de l'Albanie moyenne [3], que les sédiments grossiers, poudingues et grès, sont localisés au voisinage de la crête des anticlinaux, et il concluait comme moi à une contemporanéité de la sédimentation et des mouvements épirogéniques.

---

(1) JACQUES BOURCART, *Les confins albanais administrés par la France* (1916-1920). Paris, Delagrave; 1922.

(2) E. NOWACK, *Ueber Beeinflussung der Sedimention durch Dislokation* (*Mitt. de Geol. Ges. in Wien*, 13, Vienne, 1921, p. 81 à 95).

(3) *Les confins albanais*, p. 81.

Dans mon mémoire j'avais indiqué que les dépôts tertiaires en Albanie, particulièrement le Flysch, présentent un caractère indiscutablement néritique et contiennent même à certains niveaux des gisements de lignites avec fossiles marins. Toutefois leur puissance considérable, leur régularité de facies dans le temps, peuvent les faire comparer à des dépôts de géosynclinal. Pour emprunter l'heureuse expression de M. Depéret, à propos du bras de mer pliocène corinthien, ces synclinaux « ont été le siège d'une sédimentation continue et concordante..... elle a été concomitante d'un affaissement, de vitesse équivalente, qui a permis l'accumulation de masses épaisses de sédiments de mer toujours peu profonde » (¹).

Ainsi les synclinaux albanais ont subi pendant toute la durée des temps tertiaires un mouvement d'affaissement relatif, tandis que les anticlinaux étaient le siège d'un mouvement de signe contraire. Ces mouvements, dus à un plissement continu ont eu comme résultat final une surrection générale de toute l'Albanie dont j'ai donné les preuves dans le mémoire cité plus haut (p. 118 et 119).

Un autre ordre d'observation, basé sur des phénomènes de capture des cours d'eau et d'un déplacement vers le sud de l'embouchure des fleuves côtiers albanais va nous conduire aux mêmes conclusions.

D'une manière générale, les rivières qui sortent de la zone centrale ont suivi, en pénétrant dans l'Albanie occidentale, des dépressions synclinales. Successivement des séries de captures ont ramené leur cours à être Est-Ouest, transversal par rapport aux anticlinaux qu'ils traversent par des gorges, de sorte que leurs embouchures ont été sans cesse reportées vers le Sud. Ces captures se sont poursuivies depuis l'époque miocène jusqu'à l'époque actuelle et plusieurs vont encore se produire dans un avenir très proche.

J'ai observé l'été dernier celle de la Vjusa, qui est une des plus anciennes : la rivière a suivi d'abord la dépression synclinale qui va de Premeti vers Berat, elle l'abandonne aujourd'hui pour franchir la Nemercka dans une profonde gorge. Le Devoli, primitivement affluent du Shkumbi a été capturé par le Semeni. J'ai déjà signalé que, contrairement à l'opinion de Nowack, l'ancien Arzen avait suivi autrefois le synclinal de Tirana avant de se diriger vers la mer à travers l'anticlinal.

L'étude des traces de voies romaines qu'a relevées Praschniker (²) pendant la guerre, comparée aux données des géographes anciens, montre que des captures analogues se sont produites pendant l'époque historique.

(¹) Ch. Depéret, *Observations sur l'histoire géologique pliocène et quaternaire du golfe et de l'isthme de Corinthe* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 427).

(²) C. Praschniker, *Müzakja und Malakastra*, Vienne, 1922.

Le Shkumbi, qui a un moment suivi, très probablement pendant l'époque historique, le synclinal de Kavaja pour se jeter dans le golfe de Durazzo, franchit actuellement plus au Sud, par une gorge encaissée, l'anticlinal du cap Lagi. Le Semeni, de même, a coupé à l'époque romaine cet anticlinal beaucoup plus au Nord qu'il ne le coupe actuellement. La Vjusa a eu également à cette époque un trajet plus septentrional.

Une autre capture de la rivière de Tirana par l'Arzen menace de se produire à Vora, où j'ai observé qu'un affluent de ce fleuve a dépassé la crête et avancé de 1^{km} dans la vallée de la rivière.

Ces phénomènes ne peuvent s'expliquer que par un rajeunissement constant des cours d'eau conséquents descendant du flanc Est des anticlinaux. La lente surrection de ceux-ci augmente leur puissance d'érosion et leur permet ainsi de capturer les cours d'eau synclinaux.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur quelques trajectoires anormales de centres cycloniques.* Note de M. GABRIEL GUILBERT.

La trajectoire des bourrasques a fait l'objet, depuis un siècle, de fort nombreux travaux, dus aux météorologistes les plus célèbres : MM. Mascart, Teisserenc de Bort, Hildebrandsonn, Van Bebber, Rykatchef, Hahn, etc.

La trajectoire moyenne des bourrasques, à la surface du globe, est d'Ouest à Est et la cause de ce mouvement de translation est attribuée à la rotation terrestre.

La théorie paraît certes incontestable : cependant, il est certaines trajectoires anormales, observées de tous temps, qui paraissent en contradiction manifeste avec la cause invoquée.

Ces anomalies, nous croyons l'avoir remarqué, ont augmenté de fréquence depuis quelques années, notamment de 1916 à nos jours. S'agit-il ici d'un phénomène de périodicité ? Peut-être. En tout cas, nous signalons à l'Académie, par cette Note, une trajectoire des plus étranges, trajectoire typique.

Le 23 février dernier, une dépression apparaissait sur l'Islande, avec une baisse barométrique de -11^{mm} en 24 heures. Le lendemain 24, ce centre dépressionnaire ayant suivi une trajectoire NW-SE, se trouvait sur la Norvège centrale, -14^{mm} de variation.

Quelques heures après, le centre couvrait le Danemark : trajectoire N-S, puis le 25 février au matin, la dépression était sur la Rhénanie, -9^{mm}, — trajectoire NS — et le 26 février, à 7^{h}, sur les Baléares (-13^{mm}) ; direc-

tion NE-SW. Enfin le 28 février, elle se dispersait sur l'Afrique du Nord.

Voici donc une dépression qu'une cause astronomique et toute puissante aurait dû diriger de l'Ouest vers l'Est (c'est-à-dire, en fait, de l'Islande à la Laponie et de la Laponie aux régions boréales de la mer Blanche), qui, défiant toute théorie et toute prévision, descend droit du N, et même du NE, jusqu'au Sud de la Méditerranée, et cela, depuis la Norvège !

C'est une autre trajectoire anormale — une dépression scandinave envahissant la Baltique, puis descendant droit sur la Tunisie — qui a été la cause immédiate de la catastrophe du *Dixmude*. La dépression du 18 décembre 1923 sur la Scandinavie, au lieu d'être entraînée par la rotation de la Terre vers les plaines de Russie, est descendue en 48 heures, à travers plusieurs chaînes de montagne, jusque vers la Tripolitaine, et cela du NNE au SSO.

C'est enfin, dans la dernière période d'hiver que nous venons de traverser, une dépression de Laponie qui, le 28 février au matin, s'était formellement dirigée, du NNE au SSW, jusqu'au Pas de Calais, amenant une chute de neige sur nos régions.

Et encore, un effroyable cyclone qui venu d'Islande, descend du NO jusque vers la mer du Nord, avec baisse le 29 février, de — 36^{mm} en 24 heures et de — 42^{mm} en 30 heures. Ce cyclone, après s'être atténué sur place, va former le surlendemain 1er mars 1924 une dépression, avec — 13^{mm} *sur l'Irlande*, c'est-à-dire dans une direction E-O, diamétralement opposée au sens de rotation terrestre.

Ces trajectoires anormales, sinon invraisemblables, nous paraissent demander, par leur fréquence insolite depuis plusieurs années, une révision statistique des directions cycloniques sur l'Europe. La moyenne peut-être pourra rester fixée de l'Ouest à l'Est, mais dans la pratique de la prévision du temps, il sera bon de considérer cette moyenne direction comme inopérante quant à la détermination des trajectoires cycloniques.

Le déplacement des centres de dépression dépend uniquement, comme nous l'avons montré à diverses reprises depuis 1890, de la direction et de la vitesse des courants de surface seuls, à l'exclusion de toute cause astronomique ou thermique.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le vacuome des Algues vertes adaptées à la vie aérienne.* Note de M. **A. de Puymaly**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

La faculté que possèdent les Chlorophycées aériennes de résister à de fortes dessiccations constitue le fait le plus saillant de la biologie de ces plantes. Ce fait, qui les distingue des espèces aquatiques du même groupe, est connu depuis longtemps et, dès 1886, G. Schröder cherche à évaluer cette capacité de résistance. Mais ce n'est que dans ces dernières années que les auteurs ont essayé de saisir le mécanisme intime de cette remarquable propriété physiologique.

Les premiers travaux tentés dans ce sens semblent avoir été préparés par les recherches de Fitting et par celles de Battandier sur l'écologie des Phanérogames désertiques. Si ces plantes sont capables de supporter des périodes de sécheresse fortes et prolongées elles le doivent, comme ces botanistes l'ont démontré chacun séparément en 1911, à la tension osmotique très élevée de leur suc cellulaire. Puis, Mlle Terby constate à son tour que les Muscinées reviviscentes possèdent également dans leurs cellules une forte tension osmotique et elle est la première à signaler le même fait chez les Chlorophycées aériennes.

Toutefois, elle ne consacre que quelques lignes à ces Algues, dont l'étude physiologique détaillée a été reprise tout récemment par M. Fritsch et son collaborateur M. Haines.

Chez ces plantes, dont les cellules présentent des dimensions minimes, la détermination de la tension osmotique à l'aide de la méthode de la plasmolyse offre de sérieuses difficultés. Non seulement la couche pariétale de leur protoplasme se montre plus ou moins perméable à certaines solutions salines, ce qui exige un choix judicieux de la substance plasmolysante employée, mais en outre il intervient toujours dans cette détermination une erreur personnelle plus ou moins grande due à la difficulté de saisir le moment précis où débute la plasmolyse. D'autre part, les divers échantillons d'une espèce ne sont pas, lors de l'expérience, dans le même état de dessiccation. Tout cela explique pourquoi les chiffres trouvés chez une même Algue par des auteurs différents ou par un seul auteur à des moments différents sont souvent si discordants. Chez le *Protococcus viridis* Ag., par exemple, la pression, d'après Mlle Terby, ne dépasse pas 22^{atm}, tandis que MM. Fritsch et Haines prétendent qu'une solution de NaCl à 10 pour 100

dont la tension osmotique est supérieure à 60^{atm}, produit une très légère plasmolyse dans quelques cellules seulement.

De même, dans un premier Mémoire, M. Fritsch écrit que les cellules du stade filamenteux de *Prasiola crispa* Menegh. sont très légèrement plasmolysées par une solution de NaCl à 5 pour 100, tandis que, dans une publication ultérieure, il déclare que pour obtenir ce résultat il faut employer une solution de sel marin à 10 pour 100. En me servant de solutions de saccharose, qui, d'après les essais de Mlle Terby et les miens, se montre la substance la plus favorable à ces sortes de recherches, j'ai noté, comme les auteurs précédents, des pressions très élevées : 13^{atm} chez *Mesotœnium Braunii* de By. et chez *Mes. chlamydosporum* de By.; 17^{atm} chez *Zygnema peliosporum* Wittr.; 37^{atm} chez *Rhizoclonium riparium* Harn.; 41^{atm} chez *Hormidiopsis crenulata Heernig*; 75^{atm} chez *Trentepohlia aurea* Mart. Même en tenant compte de la petitesse des cellules mises en expérience, on a peine à concevoir que celles-ci supportent des pressions aussi fortes.

On pouvait, en tout cas, se demander si ces hautes tensions osmotiques ne seraient pas en rapport avec une structure spéciale du système vacuolaire. MM. Fritsch et Haines ont eu l'idée d'examiner ce dernier avec l'éclairage à fond noir. Or il m'a semblé que l'emploi des colorants vitaux serait mieux adapté à ce but et pourrait être avantageusement substitué à l'examen par l'éclairage à fond noir. On sait en effet, depuis les belles recherches de MM. P.-A. Dangeard et Pierre Dangeard, que, sur les plantes vivantes, le contenu des vacuoles possède vis-à-vis de certains colorants (rouge neutre, bleu de crésyl, etc.) une affinité pour ainsi dire spécifique. Grâce à cette méthode des colorations vitales, j'ai pu constater, comme MM. Fritsch et Haines l'avaient remarqué, que le vacuome des Chlorophycées aériennes est extrêmement réduit et n'offre presque jamais de grandes vacuoles comparables à celles que l'on trouve habituellement chez les espèces d'eau douce. Toutefois, ce que j'ai vu ne concorde pas parfaitement avec ce que rapportent ces auteurs. Ceux-ci déclarent qu'ils n'ont pu déceler de vacuoles ni sur des filaments vivants plus ou moins desséchés de *Zygnema ericetorum* Hansg. et d'*Hormidium flaccidum* Braun, ni sur des matériaux frais de *Prasiola crispa* et de *Pleurococcus Naegelii* Chod. Or, non seulement des vacuoles se sont montrées présentes chez toutes les espèces que j'ai examinées à l'état frais (*Prasiola crispa*, *Pleurastrum lobatum* Printz, *Stichococcus bacillaris* Näg., etc.), mais des vacuoles ont été retrouvées sur des filaments de *Prasiola* et d'*Hormidium* qui avaient été conservés à sec pendant près d'un mois au laboratoire.

Ces vacuoles, généralement sphériques, offrent chez une même espèce des caractères assez constants et notamment une grande uniformité dans leur distribution. Ainsi, dans les cellules de *Prasiola crispa* elles sont au nombre de 6 à 15, ponctiformes, d'un diamètre de de $0^{\mu},5$ à 2^{μ} et se trouvent situées à la périphérie de la cellule en particulier de chaque côté des cloisons transversales où elles forment une traînée assez distincte. Chez *Hormidium flaccidum*, on en compte habituellement deux, une à chaque pôle de la cellule et leur diamètre, généralement plus grand que dans l'exemple précédent, oscille le plus souvent entre $2^{\mu},5$ et 4^{μ}.

La teinte prise par les vacuoles au contact du colorant est nettement métachromatique : le rouge neutre les colore en rouge brique ou rouge orangé et le bleu de crésyl en bleu violacé, ce qui indique une réaction légèrement alcaline du contenu vacuolaire. De plus cette coloration est ordinairement très intense tandis que, dans les mêmes conditions, le suc cellulaire des Chlorophycées d'eau douce prend une teinte plus pâle.

En résumé, les cellules des Algues vertes aériennes, au lieu de contenir de grandes vacuoles, très riches en eau, comme cela se voit chez les espèces d'eau douce, renferment en général un protoplasme très dense, dans lequel sont plongées de petites vacuoles sphériques où la métachromatine est abondante, Ainsi s'expliqueraient la haute tension osmotique observée dans les cellules de ces plantes et la faculté qu'elles possèdent de résister à des périodes de dessiccation parfois intenses et prolongées.

Des dessins et de plus amples renseignements sur cette question figureront dans un prochain Mémoire.

CHIMIE AGRICOLE. — *Modifications subies par la terre végétale séchée à l'air.* Note (¹) de M. A. **Lebediantzeff**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

1. La dessiccation des sols à l'air libre (²) entraîne pour ce sol des modifications chimiques et bactériologiques, comme il ressort de l'analyse de trois échantillons provenant de la station agronomique de Chatilovskaia, analyse faite par nous en 1920.

(¹) Séance du 25 février 1924.

(²) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 793.

I. — *Matières extraites par kilogramme de terre absolument sèche (après digestion de la terre pendant une demi-heure avec cinq fois son poids de dissolvant, compte tenu de son humidité initiale).*

Dissolvant.	Terre d'un assolement triennal. Couche de 0 à 20cm non séchée.	séchée.	Couche de 20 à 40cm non séchée.	séchée.	Friche. Couche de 0 à 20cm non séchée.	séchée.
Total des substances minérales.						
Eau	235mg	200mg	110mg	175mg	165mg	170mg
Acide acétique 2 %	3260	3650	2860	3470	3080	3760
Acide oxalique 0,5 %	2620	2520	2870	3220	2140	1670
Acide azotique 1 %	14090	14160	13250	12640	13040	13340
Total des matières organiques.						
Eau	36	120	0	444	51	301
Acide azotique 1 %	460	596	1172	1698	957	1086
Azote (Kjeldahl).						
Eau	14,5	16,7	8,5	38,1	7,2	23,3
Acide acétique 2 %	34,2	36,3	10,6	51,0	17,3	24,8
Acide oxalique 0,5 %	50,1	51,7	25,9	64,3	18,8	35,4
Acide phosphorique (P^2O^5).						
Eau	1,2	2,5	0,7	4,7	0,6	7,2
Acide acétique 2 %	2,6	4,6	3,0	7,0	2,3	6,0
Acide oxalique 0,5 %	59,1	57,9	71,6	73,7	37,9	37,7
Acide azotique 1 %	39,7	41,1	41,4	41,9	22,5	29,4
Azote ammoniacal.						
Méthode Schlœsing (¹).	0	14,3	1,0	14,6	0,21	24,3
Méthode Boussingault (²)	61,4	93,9	38,5	64,0	75,8	88,5
Millions de bactéries pour 1g de terre.						
Culture sur albumine-agar (Percy Brown)	1,650	0,380	0,920	0,201	1,955	0,702

La dessiccation préalable du sol a produit dans les dissolutions : un grand enrichissement en matières organiques, en azote total (Kjeldahl), en azote ammoniacal; une augmentation parfois notable du phosphore et insignifiante des substances minérales; une brusque diminution des microorganismes. Toutes ces modifications rappellent celles qu'on observe ordinairement lors de la stérilisation partielle du sol.

(¹) Distillation, avec un excès de MgO, du liquide acidulé par HCl avec lequel la terre a été lavée.

(²) Distillation du mélange d'eau et de terre avec MgO.

2. L'expérience suivante a été faite, en 1920, pour déterminer l'influence de divers facteurs pouvant agir sur la terre lors de sa dessiccation à l'air libre : action de l'oxygène de l'air, perte d'eau, échauffement par le soleil, action de la lumière. Un échantillon de sol humide, pris dans un champ, a été divisé en plusieurs lots, qu'on a conservés pendant 10 jours dans des conditions variées, indiquées dans le Tableau II. La conservation à l'abri de l'air s'obtenait en mettant l'échantillon dans des ballons fermés par des bouchons; la conservation à l'air sans dessiccation, en étendant la terre en couche mince, qu'on arrosait de manière à maintenir l'humidité primitive. Des pots remplis avec ces différents lots ont été ensemencés de millet (10 plantes par pot, humidité constante de la terre 33 pour 100) et ont donné les rendements suivants (poids total en grammes par pot) :

II. — A, *assolement triennal, couche entre* 20 *et* 40^{cm} ; B, *friche, couche entre* 0 *et* 20^{cm}.

	Obscurité $t° = 20°$.	Obscurité $t° = 40°$.	Lumière diffuse $t° = 25°$.	Lumière soleil directe $t° = 29°$.
Sans air et sans dessiccation.				
A	»	2,4	1,4	1,2
B	1,5	4,3	1,4	2,0
A l'air sans dessiccation.				
A	1,5	2,2	1,1	1,4
B	1,4	3,0	1,0	1,6
A l'air avec dessiccation.				
A	2,8	4,9	2,9	2,1
B	1,8	4,7	2,4	2,0

Prenons les différences (pour 100) des chiffres deux à deux comparables de ce Tableau II et inscrivons les moyennes de ces différences dans un Tableau III; ces moyennes mettent en évidence l'influence des quatre facteurs étudiés.

III. — *Excédents de rendement pour* 100.

	Assolement triennal.	Friche.
Action de l'oxygène	— 4,4	— 21
Perte de l'eau	+106	+ 62
Echauffement	+ 61	+154
Lumière	— 27	— 33

L'oxygène et la lumière n'ont pas eu d'action positive, la perte d'eau et l'échauffement ont agi très nettement. Nous devons donc regarder l'accroissement de fertilité dont bénéficie le sol à la suite de sa dessiccation à l'air

comme dû à des transformations d'ordre chimique et biologique résultant de la perte d'eau et de l'échauffement par les rayons solaires.

PHYSIOLOGIE. — *Le problème alimentaire envisagé au point de vue des rapports existant entre les substances élémentaires fondamentales et les substances énergétiques.* Note [1] de Mme **L. Randoin** et M. **H. Simonnet**, présentée par M. E. Leclainche.

Dans une Note antérieure [2], nous avons attiré l'attention, d'abord sur la nécessité de tenir compte, dans la constitution des régimes, de l'utilisation digestive des divers principes alimentaires et ensuite sur la notion que la grandeur du besoin en facteur B est relative et en rapport direct avec la quantité des sucres pénétrant chaque jour dans l'économie.

Nous avons poursuivi de nouvelles recherches qui, rapprochées de certains faits empruntés à la littérature scientifique, nous entraînent à envisager le problème alimentaire, non plus à un point de vue quantitatif d'une part, et à un point de vue qualitatif d'autre part; mais, au contraire, au point de vue des *rapports* qu'il peut y avoir entre les *substances énergétiques* et la faible masse de matériaux non énergétiques que nous avons appelés *substances élémentaires fondamentales* [corps spécifiquement indispensables, comprenant des *substances systatiques* [3] *exogènes* et des *substances* dites *catalytiques*].

La nécessité de rapports convenables entre les divers principes fondamentaux ayant été reconnue, on cherche actuellement à associer tous ces corps en proportions optima et aussi *fixes* que possible pour constituer des régimes complets et bien équilibrés; on pense qu'au contraire les proportions des substances énergétiques *peuvent varier dans des limites très étendues*, selon le principe de l'isodynamie.

Isodynamie et substances élémentaires fondamentales. — Nous savons que l'isodynamie est légèrement limitée par la nécessité d'un minimum d'acides aminés indispensables et peut-être d'un minimum de graisses et d'hydrates de carbone (Bierry et Desgrez).

N'est-elle pas limitée d'une manière beaucoup plus étroite par les variations quantitatives de divers principes fondamentaux : certains éléments minéraux, certaines vitamines, etc.? En d'autres termes, peut-on aug-

---

(1) Séance du 3 mars 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 903.

(3) συστατικός constitutif.

menter ou diminuer les proportions des substances énergétiques sans faire varier en même temps une ou plusieurs substances non énergétiques?

En ce qui concerne les glucides et le facteur B, nous pouvons répondre : non. Il est certain que la vitamine B joue un rôle dans le métabolisme des hydrates de carbone. Nous pensons qu'on réussira à saisir d'autres rapports du même genre.

Nous dépassons ainsi la notion classique des « minima » indispensables pour arriver à celle d'un équilibre alimentaire (avec une valeur énergétique suffisante) qui tient compte, non seulement de proportions convenables entre diverses substances élémentaires fondamentales, mais encore de rapports déterminés entre ces dernières et les substances énergétiques.

Équilibre alimentaire et facteur B. — La notion de « *ration équilibrée* », modifiée et étendue ainsi, conduit à imaginer, pour un même animal, plusieurs types de nutrition différents, plusieurs états d'équilibre alimentaire.

C'est ce que nous avons nous-mêmes essayé de vérifier sur le Pigeon adulte avec des régimes naturels (blé, millet, chènevis) et avec des régimes artificiels comprenant, pour 100g : 16g de protides, 4g de graisse de beurre, 66g de glucides, 10g de cellulose et 4g de mélange de sels; la ration journalière étant (ou n'étant pas) complétée par de l'extrait de levure (source de facteur B).

Régimes artificiels complets. — En faisant simplement varier la nature du glucide, on peut faire varier en même temps la quantité de sucre réellement introduite dans l'économie.

a. Si le régime artificiel est à base de fécule crue, il est *pratiquement pauvre en glucides*, car l'analyse des excréments et la détermination du Q. R. (0,8) prouvent que l'utilisation digestive de la fécule crue est très médiocre. Une ration de 35g par jour, complétée par 0g,15 d'extrait de levure, maintient l'animal en équilibre de poids et de température.

b. Si le régime est à base de dextrine ou de glucose, — substances bien absorbées cette fois —, il se trouve, et pratiquement et théoriquement, *riche en glucides*. 20g de cette ration suffisent alors pour assurer l'équilibre de poids; mais, dans ces conditions, l'équilibre de température n'est pas obtenu. Pour maintenir l'animal en bonne santé et améliorer la thermogénèse, il importe de fournir une dose quotidienne d'extrait de levure plus forte que la précédente.

Il y a là deux équilibres alimentaires bien différents, tous deux compatibles avec le bon fonctionnement de l'organisme.

Régimes artificiels déséquilibrés par insuffisance de facteur B. — D'autre part, nos expériences ont prouvé que si, de ces régimes artificiels complets, on retire une certaine proportion de facteur B, la ration ainsi déséquilibrée

est d'autant plus défectueuse qu'elle renferme plus de glucides susceptibles d'être digérés et absorbés.

Régimes artificiels déséquilibrés par suppression totale de facteur B :

Ce dernier fait s'accentue lorsqu'on élimine la totalité du facteur B. Avec nos rations à base de dextrine ou de glucose (20g par jour, comprenant 13g,3 de dextrine (1) ou de glucose), l'apparition des crises de polynévrite, suivie de la mort, a lieu vers le 25e jour, tandis qu'avec nos très fortes rations à base de fécule (75g) — lesquelles fournissent chaque jour 12g de protides et 3g de lipides pouvant, à eux seuls, faire face aux besoins énergétiques — les crises se produisent toujours beaucoup plus tard (3e-4e mois), ce qui semble bien en relation avec le fait que la fécule est extrêmement peu utilisée (Q. R. : 0,7 seulement).

Ainsi, pour le Pigeon privé de facteur B, l'équilibre alimentaire qui résulte de l'absorption journalière de 20g de la ration à base de dextrine (soit 13g,3 *de dextrine*, 3g,2 *de protides*, 0g,8 *de lipides*, 0g,8 *de sels*) est beaucoup plus défectueux que celui qui se trouve réalisé avec les 75g de la seconde ration (comprenant, outre la fécule, très peu utilisée, 12g *de protides*, 3g *de lipides et* 3g *de sels* par jour); ce dernier représenterait, par conséquent, une condition très favorable, une sorte de « procédé de résistance » particulièrement efficace pour lutter contre les effets du déséquilibre primordial résultant du manque de vitamine B et, en particulier, contre les accidents de la polynévrite.

Conclusions. — Le rapport nécessaire $\frac{\text{facteur B}}{\text{glucides}}$, *dont il importe de tenir compte dans l'application du principe de l'isodynamie*, doit avoir une certaine valeur *optima*. Il semble pouvoir augmenter sans inconvénient; autrement dit, un excès de facteur B ne serait pas nuisible. Mais la valeur de ce rapport ne peut diminuer sans dommage pour l'organisme.

La notion de « *ration équilibrée* », ainsi transformée et étendue, prend une nouvelle signification qui permet de concevoir, pour une même espèce animale, plusieurs états d'équilibre alimentaire compatibles avec le bon fonctionnement de l'économie.

---

(1) Dans notre dernière Note (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 904), il a été indiqué dans le texte, par suite d'une confusion : 20g de dextrine par jour, soit 30g d'aliments; ce qui représenterait une valeur énergétique très supérieure à la valeur théorique dont nous voulions nous rapprocher. Les quantités réelles, — que nous avons constamment employées et qu'il est d'ailleurs à peu près impossible de dépasser —, soit 20g *de ration totale, renfermant* 13g *de dextrine*, correspondent à 73 calories et l'on sait que les besoins énergétiques sont satisfaits chez le Pigeon avec 70 calories par jour. Le graphique annexé à cette précédente Note indique bien d'ailleurs : ration 20g, dextrine (ou glucose).

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *La question du minimum d'énergie dans l'excitation lumineuse de la rétine par éclats brefs.* Note de M. **Henri Piéron**, présentée par M. Henneguy.

MM. Blondel et Rey, qui ont établi une loi linéaire reliant à la durée des excitations les énergies lumineuses susceptibles d'engendrer une sensation, loi que Hoorweg a reconnue comme étant identique à sa propre loi reliant la quantité d'électricité liminaire à la durée de la décharge dans l'excitation des nerfs [1], viennent de contester la limitation que j'avais apportée à cette loi pour les très courtes durées [2].

Non seulement, d'après mes résultats expérimentaux, il existe en effet une durée maxima, limite de sommation, au delà de laquelle la loi n'est plus valable, mais en outre, au-dessous d'une certaine durée brève, loin de diminuer encore, l'énergie liminaire croît, cette ascension de la courbe apparaissant, pour les bâtonnets, généralement en jeu avec la lumière blanche quand la fixation fovéale n'est pas strictement assurée, au-dessous du millième de seconde.

Or, aux environs de cette durée, MM. Blondel et Rey n'ont pas trouvé de différence systématique dans la visibilité d'éclats, dont la durée allait à peu près de 1 à 4, mais qui correspondaient à une même quantité totale d'excitation lumineuse (produit constant de l'intensité par le temps). Et ils ne comprendraient pas, disent-ils, qu'il puisse y avoir une augmentation de l'énergie liminaire aux temps très courts, l'« inertie » de la rétine (que je n'ai nullement invoquée, comme ils paraissent me le faire dire) se manifestant suffisamment par l'existence de la constante représentant le taux limite de l'énergie pour une durée nulle.

Or, théoriquement, à côté de la perte d'énergie qui se constate au fur et à mesure que dure l'excitation (et répondant sans doute à la nécessité de compenser un processus antagoniste, comme Weiss l'a admis pour l'excitation électrique du nerf), on peut fort bien comprendre que les intensités très grandes, nécessaires pour compenser les très brèves durées, correspondent à un flux d'énergie excessif, dépassant la capacité de transformation immédiate de l'appareil récepteur.

De fait, si l'on envisage, dans l'excitation des nerfs, non la quantité d'électricité (it) mais l'énergie ($v.i.t$), on sait — les résultats de Hoorweg, de

---

(1) Cette loi, retrouvée indépendamment par Weiss, au moyen d'une méthode différente, est du type connu $it = a + bt$.

(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 276.

Weiss, de Lapicque et ses élèves sont concordants à cet égard — qu'il existe une durée optima d'excitation, un minimum d'énergie : aux temps très courts, l'énergie liminaire remonte.

Envisageons d'autre part les phénomènes photochimiques : A l'encontre de la loi de Bunsen-Roscœ, on sait depuis longtemps (Schwarzchild) que, si l'on augmente la durée d'exposition, la quantité de lumière nécessaire pour engendrer un effet photographique défini augmente aussi; mais, en outre, comme cela résultait déjà du travail de Sheppard et Mees en 1907, d'après les récentes et précises recherches de Lloyd A. Jones et Emery Hase, on peut affirmer l'existence d'un minimum d'énergie pour des intensités et des durées convenables : avec des intensités très grandes, compensant de brèves durées, l'effet photographique dû à une certaine quantité de lumière est moindre que pour des durées un peu plus longues; pour les durées plus longues encore, l'effet recommence à diminuer, proportionnellement à leur allongement.

Pour la réception visuelle, qui implique un processus photochimique suivi d'une excitation du nerf, il serait donc très étonnant que la loi de l'optimum de durée ne fût pas valable.

Bien avant mes recherches et celles même de de MM. Blondel et Rey, Grijns et Noyons, au laboratoire de Zwaardemaker, ont trouvé que la quantité d'énergie liminaire augmentait quand la durée d'excitation devenait inférieure à 1 σ, et passait par un minimum.

Depuis la publication de mes résultats, j'ai pris connaissance d'un travail de Prentice Reeves [1], dont les chiffres (relatifs aux seuils en millilamberts $\times 10^{-8}$ en fonction des durées) permettent de dessiner une courbe des quantités identique à celle que j'ai trouvée moi-même pour l'excitation des cônes :

$t(\sigma)$.....	1000	500	250	160	34	20	11	6	2
it........	262	177	128	113	41,7	47,8	49,0	58,5	72,5

Y a-t-il, dans toutes ces recherches [2] comme dans les miennes, la cause d'erreur invoquée par MM. Blondel et Rey? Avec emploi d'une fente de tachistoscope trop étroite, il y aurait une réduction de l'intensité efficace dont il n'est pas tenu compte pour le calcul du produit it.

Mais je m'étais préoccupé de cette cause d'erreur, et, ayant fait des

(1) Cf. *Astrophysical Journal*, t. 47, 1918, p. 141-145. L'auteur ne donne malheureusement pas de renseignements techniques sur sa méthode.

(2) On peut encore citer, à cet égard, l'étude de V. Henri, sur l'irradiation ultraviolette des *Cyclops*, pour laquelle s'est nettement manifestée une durée optima avec minimum d'énergie.

recherches avec des surfaces différentes d'excitation ([1]), j'ai trouvé, à l'opposé de ce qui aurait dû résulter du jeu même de cette cause d'erreur, le minimum d'énergie pour des durées plus longues avec des surfaces plus petites. Et, dans des conditions identiques, le minimum d'énergie se rencontre pour une durée plus brève dans l'excitation des bâtonnets que dans celle des cônes.

D'autre part, dans les recherches de MM. Blondel et Rey, où est utilisé un éclat punctiforme (surface circulaire de $0^{mm},1$ à $0^{mm},5$ de diamètre à environ $1^{m},50$) pouvant être réduit à 15″ d'angle, intervient une cause d'erreur importante. Le diamètre minimum des éléments récepteurs étant de 30 à 45″, les changements inévitables de projection de l'éclat sur la rétine entraînent des variations énormes de visibilité ([2]). Il n'est pas étonnant, dès lors, que les variations fortuites d'observateurs inégalement exercés, dans des conditions d'éclairement d'ailleurs insuffisamment définies, et avec une fixation peu rigoureuse, puissent masquer des variations systématiques non considérables. Et l'échec ne peut être retenu définitivement à l'encontre de l'existence d'un minimum d'énergie, que j'ai encore vérifiée dans une série d'expériences nouvelles, avec des éclats linéaires horizontaux, d'épaisseur presque négligeable, vis-à-vis de l'ouverture de la fente du tachistoscope (15 fois plus grande, au minimum), mais assez étendue pour exciter toujours plusieurs éléments rétiniens.

Toutefois, il est certain que l'augmentation d'énergie pour les durées très brèves apparaîtra avec plus de certitude lorsqu'on pourra procéder à des déterminations correctes, en employant des durées de l'ordre du millionième de seconde, ce qui offre des difficultés techniques réelles, non insurmontables toutefois.

ENTOMOLOGIE. — *Des conditions de la locomotion aérienne chez les Insectes.* Note de M. **Jousset de Bellesme**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Lorsqu'en 1878 je présentai à l'Académie des Sciences les résultats des expériences que j'avais réalisées sur le vol des Insectes, je m'étais attaché surtout à déterminer le rôle que joue ce petit organe des Diptères que l'on nomme balancier. A l'aide de méthodes très rigoureuses je parvins à déduire de ces recherches les principes qui régissent toute locomotion aérienne. La

---

([1]) *C. R. Soc. de Biol.*, t. 84, 1920, p. 1072-1075.

([2]) En outre, en l'absence de verres, l'instabilité accommodative en vision prolongée entraîne une diffusion très variable des éclats punctiformes.

condition essentielle d'équilibre est sous la dépendance des relations réciproques du centre de gravité de tout appareil volant avec son axe de sustentation.

Depuis lors j'ai complété cette étude en analysant les différentes manières dont cette condition se trouve réalisée dans les diverses classes d'Insectes.

J'ai pu vérifier que les données établies pour les Diptères s'appliquaient d'une manière générale aux autres insectes. Seul le mécanisme au moyen duquel les rapports entre ces deux éléments primordiaux de stabilité diffèrent.

Dans l'ordre des Hyménoptères la course des ailes, en avant et en arrière, s'effectue en toute liberté; par conséquent, l'axe de sustentation est fixe. C'est le centre de gravité qui est mobile. L'insecte peut le déplacer facilement grâce aux mouvements étendus qu'il fait exécuter à son abdomen, il ramène de la sorte son centre de gravité en avant ou en arrière de l'axe de sustentation suivant qu'il veut obtenir les allures ascendantes ou descendantes.

Dans l'ordre des Coléoptères un mécanisme assez curieux sert à obtenir le même résultat. Chez les uns les élytres restent relevées dans le vol, comme chez le Lucane, tandis que chez d'autres, comme les Cétoines, les élytres sont presque rabattues sur l'abdomen. Au moment où le vol va commencer, celles-ci se soulèvent pour permettre à l'aile de se déployer, mais aussitôt elles s'abaissent; une échancrure allongée sur le bord externe de l'élytre permet au moignon de l'aile d'agir en liberté et de donner à celle-ci une grande envergure. L'élytre, en s'abaissant plus ou moins, modère la course de l'aile en avant ou en arrière. Elle agit ainsi d'une manière analogue au balancier des Diptères, en avançant ou en reculant l'axe de sustentation. Le centre de gravité est fixe, l'abdomen de ces insectes étant gros et peu flexible.

Dans l'ordre des Névroptères nous retrouvons le même mécanisme que chez les Hyménoptères. L'axe de sustentation est fixe, mais l'abdomen long et flexible permet les déplacements faciles du centre de gravité.

Les Lépidoptères ont un vol assez spécial, plus difficile à analyser. Chez eux, l'abdomen est flexible et les ailes vibrent librement. Je me suis assuré par des expériences que le frein de l'aile qui existe chez un certain nombre d'entre eux ne joue aucun rôle dans le vol, cet organe paraît être utilisé par l'insecte au moment du déplissement de l'aile.

Un vol du plus haut intérêt est celui que présentent les Orthoptères. On ne peut pas dire, à proprement parler, que ces insectes volent. Ils s'élancent

en l'air au moyen de leurs longues pattes d'arrière, exécutent quelques battements d'aile, puis vont se poser à quelque distance en donnant le plus bel exemple qu'on puisse voir de vol plané. Si l'on a vu quelquefois de ces grands orthoptères d'Afrique traverser la Méditerranée, c'est qu'ils sont portés littéralement par le vent violent du sirocco, et tombent sur le littoral avec la violence d'un corps étranger. A Marseille, plusieurs fois, en compagnie de mon ami Lespès, nous reçûmes ainsi de ces grandes sauterelles qui nous firent l'effet d'un projectile. Elles tombaient à terre, incapables de reprendre leur vol.

Ces recherches établissent que chez tous les insectes, mais par des mécanismes variés, l'équilibre dans la locomotion aérienne, ainsi que les allures, sont obtenus par la position réciproque des deux centres de sustentation et de gravité. La stabilité est due à ce que l'animal ramène constamment ce dernier au-dessous du premier.

ZOOLOGIE. — *Les Salmonidés du Maroc.* Note de M. **Jacques Pellegrin**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Par leur beauté, par leur valeur alimentaire, aussi bien que par l'intérêt de leur pêche, les Salmonidés sont des Poissons dignes d'attirer l'attention. Leur répartition à la surface du globe, si l'on en excepte les formes marines abyssales, correspond à peu près exactement à la zone septentrionale distinguée par A. Günther dans sa distribution générale des Poissons et comprend à la fois la région paléarctique europo-asiatique et la région nord américaine. Aussi la présence de Salmonidés dans le nord-ouest de l'Afrique, où cependant, comme je l'ai montré [1], existent aussi quelques types nettement éthiopiens, est un des éléments caractéristiques qui donne à la Berbérie un faciès surtout paléarctique.

Jusqu'en ces derniers temps la seule espèce de la famille connue en Afrique du Nord était une forme très voisine de notre Truite indigène, la Truite à grandes taches (*Salmo trutta* L., var. *macrostigma* A. Duméril), décrite en 1858, d'après un spécimen pris dans l'oued Abaïch (département de Constantine). Connue des torrents montagneux de la Kabylie, cette Truite a été retrouvée en plusieurs points du Maroc. C'est ainsi que le British Muséum en a reçu des spécimens des environs de Tétouan et de la presqu'île de

---

(1) J. Pellegrin, *Sur la faune ichtyologique des eaux douces du Maroc* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 809), et *Nouvelle contribution à la faune ichtyologique des eaux douces du Maroc* (*Ibid.*, t. 176, 1923, p. 787).

Tanger et que le Muséum de Paris en possède envoyés de l'oued Tigrigra, à Azrou, par C. Alluaud, et de l'oued Outat, affluent de la Haute-Moulouya, par le Dr Nain. Elle paraît abondante dans les torrents du Gand et Moyen-Atlas, surtout dans ceux du bassin de la Moulouya.

En dehors de la Truite à grandes taches, il existerait une autre forme caractérisée par sa coloration très pâle et ses fortes dimensions. Je n'en ai eu jusqu'ici connaissance que par une photographie communiquée par le lieutenant Joyeux. Il s'agit d'un exemplaire d'une soixantaine de centimètres de longueur, pêché dans l'oued Melloulou, tributaire de la Moulouya, et qui paraît devoir être rapproché de la grande Truite du Rhône récemment étudiée par le professeur Roule.

Mais un nouveau type tout à fait remarquable doit être signalé aujourd'hui. M. P. Pallary, en effet, a recueilli dans un lac permanent du Moyen-Atlas marocain, l'aguelman Sidi Ali ou Mohamed (altitude 2230^{m}), situé encore, il y a trois ans à peine, en pleine zone dissidente, et par conséquent vierge jusqu'ici de toute exploration ichtyologique, une vingtaine de Salmonidés dont j'ai pu examiner deux spécimens femelles, voisins de l'état adulte, et mesurant 230 et 257^{mm} de longueur. Ces Poissons paraissent être abondants en ce lieu; on les pêche la nuit, au moment où la température descend très bas, même en été. Je dédie volontiers cette forme nouvelle pour la science au voyageur qui l'a récoltée.

Le *Salmo Pallaryi* nov. sp. est caractérisé par la grandeur de son œil, contenu 3 fois $\frac{2}{3}$ à 4 fois seulement dans la longueur de la tête, la brièveté du maxillaire qui n'atteint pas en arrière l'aplomb du bord postérieur de l'œil, la présence de quelques dents sur le corps du vomer, la petitesse des écailles au nombre de 150 à 160 en ligne longitudinale, $\frac{25\text{-}26}{35\text{-}40}$ en ligne transversale, 16 à 18 entre l'adipeuse et la ligne latérale. La livrée est foncée, sans grandes taches [1].

Les dimensions de l'œil de cette forme macrophtalme lui sont tout à fait spéciales; l'existence de dents sur le corps du vomer est un caractère qu'on retrouve chez les Truites, mais la petitesse de l'écaillure, l'aspect général rapprochent surtout ce Poisson du sous-genre *Salvelinus* communément désigné sous le nom de « Charr » par les Anglais, groupe très plastique et qui comprend un grand nombre d'espèces ou variétés des eaux froides des régions élevées de l'Europe centrale ou des îles septentrionales et du nord de l'Ancien et du Nouveau Continent. En France le type bien connu en est l'Omble Chevalier des lacs de Genève et du Bourget, et de nos rivières des Vosges ou du Jura.

---

(1) Cette espèce sera décrite plus en détail dans un autre Recueil.

L'espèce signalée ici est donc une forme relicte, sans doute aujourd'hui étroitement localisée dans un lac élevé du Moyen-Atlas où elle s'est différenciée par ségrégation et dont les types les plus voisins, aussi bien au point de vue anatomique que géographique, ne se retrouvent que dans les Alpes françaises.

La découverte au Maroc de ce Salmonidé à affinités nettement septentrionales présente un grand intérêt, car elle montre, une fois de plus, l'importance des apports paléarctiques dans la constitution de la faune de l'Afrique du Nord.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le pouvoir oxydant des noyaux de l'épithélium des canalicules rénaux de* Perca fluviatilis *L.* Note de M. **Maurice Manquat**, présentée par M. Henneguy.

Ehrlich (1) a formulé ce principe : Le tissu animal possède, quand il est vivant, un fort pouvoir réducteur que la mort développe d'ailleurs au plus haut point.

Quelques auteurs ont pourtant prétendu que le noyau est l'élément respiratoire de la cellule. Ainsi, Spitzer (2), parce qu'il avait pu extraire de tissus des substances nucléoprotéidiques activant l'oxygénation des cellules en agissant comme agents catalyseurs; J. Loeb (3), qui concluait des expériences du précédent que, si les fragments sans noyaux de cellules ne régénèrent pas, c'est parce que l'absence de noyaux les prive d'oxygène. Fischel (4), qui arrivait à des conclusions identiques en utilisant comme réactifs la benzidine et la toluidine; Unna (5), qui en lavant à l'eau des tissus préalablement plongés dans le blanc de rongalite (leucodérivé du bleu méthylène) pour enlever la rongalite en excès, voyait les noyaux bleuir et par conséquent oxyder le réactif; Osterhout (6), qui, opérant sur une plante, *Monotropa uniflora*, apercevait le noircissement du noyau à la suite de lésions cellulaires, par le jeu d'un chromogène incolore.

(1) Ehrlich, *Das Sauerstoffbedürfniss des Organismus* (Berlin, 1885).

(2) Spitzer, *Die Bedeutung gewisser Nucleoproteide für die oxydative Leistung der Zelle* (*Arch. f. ges. Physiol.*, t. 67, 1897, p. 615-656).

(3) J. Loeb, *Warum ist die Regeneration kernloser Protoplasmastücke unmöglich oder erschwert?* (*Arch. f. Entwickln.*, t. 8, 1899, p. 689).

(4) Fischel, *Die mikrochemische Nachweiss der Peroxydase und Pseudoperoxydase in tierischen Geweben* (*Arch. f. mikr. Anat.*, t. 83, 1913, p. 130).

(5) Unna, *Die Reduktionsorte und Sauerstoffsorte der tierischen Gewebes* (*Arch. f. mikr. Anat.*, t. 78, *Fetschrift f. W. Waldeyer*, 1911, p. 1-73).

(6) Osterhout, *The role of the nucleus in oxydation* (*Science*, 1917, p. 367).

Mais les expériences de ces auteurs ont été contestées. Oelze, en particulier, a montré que les colorations obtenues par Unna et ses élèves avaient une cause fortuite indépendante de l'oxydation du noyau, puisque le bleuissement de celui-ci était dû au contact de l'oxygène de l'eau et ne constituait qu'un phénomène accidentel d'adsorption sans rapport avec le chimisme intime des cellules considérées. De Stœcklin fit voir, de son côté, contre Fischel, que l'action de la benzidine était un phénomène du même genre conditionné par un excès de H^2O^2 qui tue la cellule. Il est d'ailleurs probable que le noircissement des cellules mutilées de Osterhout a la même origine.

Aussi bien, les seuls résultats qui comptent en pareille matière sont ceux que l'on obtient sur des cellules *vivantes*. Or, tous s'inscrivent, de l'avis des auteurs, en faveur d'un pouvoir réducteur du noyau.

Prowazek a montré que le noyau des Paramécies ne se colore pas en rouge vif sous l'action du rouge neutre réduit; et Verworn [1], en comparant des fragments nucléés et anucléés de l'Infusoire *Bursaria truncatella*, a constaté que leur force de résistance à l'asphyxie est égale, ce qui prouve que le noyau est inerte au point de vue respiratoire : il n'est donc pas oxydant.

D'où il suit que le principe d'Ehrlich ci-dessus énoncé semble avoir conservé toute sa valeur.

Nous signalerons pourtant une exception assez curieuse à cette règle tenue pour générale : le bleuissement des noyaux de l'épithélium des canalicules rénaux de la Perche (*Perca fluviatilis* L.) sous l'action du carmin d'indigo (sulfo-indigotate de sodium); on sait que ce corps, sous l'action des réducteurs, donne un leuco incolore, réversible.

Lorsqu'on injecte une petite quantité de solution de carmin d'indigo dans la cavité générale d'un Poisson de rivière (Carpe, Tanche, Rousse, Ablette, Goujon, Chevenne, etc.), on observe que l'excrétion de cette matière se produit très généralement de la façon suivante : le carmin d'indigo est en partie éliminé par les cellules épithéliales des canalicules rénaux qu'il traverse à l'état coloré et il ne reprend sa teinte bleue que dans les lumières de ces canalicules qu'il souligne de longues traînées azurées. Ces cellules exercent donc sur le colorant leur pouvoir réducteur.

---

(1) VERWORN, *Die Localisation der Atmung in der Zelle* (*Jenaische Denkschriften*, **11**, *Festsch. Ernst Hæckel*, 1904, p. 561-569).

Or la Perche, seule à notre connaissance, présente un phénomène différent : tandis que le cytoplasme des cellules épithéliales de ses canalicules rénaux décolore le carmin d'indigo, les noyaux de ces cellules, au contraire, s'accusent en bleu sous son action, en d'autres termes l'oxydent. L'animal étant demeuré bien portant, si l'on examine après quelques heures des préparations de son rein sur le frais, on trouve des résultats constamment identiques. Les noyaux des cellules épithéliales sont si finement mis en évidence par cette coloration que ce procédé suffit, à l'exclusion de tout autre, pour monter une préparation d'épithélium rénal de Perche dont on peut colorer le cytoplasme par un réactif approprié. Il faut prendre soin d'éviter le contact de l'eau dans le montage de telles préparations, car l'eau dissout le carmin d'indigo; donc, fixer à l'alcool absolu, colorer le cytoplasme par une solution d'éosine dans l'alcool absolu, et coller les coupes avec du collodion de Schællibaum.

Si l'injection est faite assez délicatement pour ne pas blesser l'intestin de l'animal, celui-ci survit et ne paraît pas en souffrir. Nous avons conservé, durant plusieurs semaines après l'opération, des Perches ainsi traitées. Les noyaux affectés se déchargent d'ailleurs de leur couleur bleue vers le quatrième ou cinquième jour qui suit l'injection. Cette élimination est une preuve que la coloration n'était pas un phénomène d'adsorption.

Il serait intéressant de savoir si ce pouvoir oxydant des noyaux de l'épithélium des canalicules rénaux de la Perche, d'autres Percoïdes le possèdent. Le manque de sujets d'expériences ne nous a pas permis jusqu'à ce jour d'élucider cette question.

BIOLOGIE. — *Le déterminisme du développement des oostégites des Isopodes, et des caractères sexuels secondaires temporaires des Crustacés.* Note de M. A. **Vandel**, présentée par M. F. Mesnil.

On sait que les oostégites qui limitent la cavité incubatrice (*Marsupium*) des Isopodes (et des Cumacés) sont des formations temporaires se développant au moment de la ponte et de l'incubation. Chez les *Asellidæ*, les oostégites se développent progressivement, au cours des mues successives. Chez les *Oniscidæ*, ils n'apparaissent qu'à la mue qui précède la ponte. Dans tous les cas, les oostégites disparaissent après la mise en liberté des jeunes.

J. Schöbl, dans un travail déjà ancien ([1]), soutient que le développement des oostégites de *Porcellio scaber* dépend de la fécondation, et que

([1]) *Archiv. mikrosk. Anat.*, t. 17, 1880, p. 134-135.

lorsque la femelle n'est pas fécondée, les oostégites ne se forment pas. Au contraire, K. Verhoeff (¹) a constaté, en isolant des femelles vierges d'*Oniscus murarius*, que les oostégites se développent de façon normale indépendamment de toute fécondation.

Les expériences que j'ai réalisées sur plusieurs espèces d'Isopodes terrestres, établissent également l'indépendance complète entre le développement des oostégites et la fécondation. Chez une forme parthénogénétique, *Trichoniscus* (*Spiloniscus*) *provisorius* Raco., du centre et de l'est de la France, le développement des oostégites est normal. Chez des individus de la même espèce, mais récoltés dans le midi et non parthénogénétiques, les oostégites se développent, et les œufs sont pondus dans le marsupium, mais ils dégénèrent [Vandel (²)]. Il en est de même chez une espèce voisine, non parthénogénétique, *Trichoniscus* (*Spiloniscus*) *biformatus* Raco. Enfin, j'ai observé, chez des femelles isolées dès leur jeune âge, et non fécondées, de *Ligidium hypnorum* et de *Philoscia muscorum*, le développement normal des oostégites, mais, dans ce cas, les œufs ne sont pas pondus dans le marsupium.

Le développement des oostégites des Isopodes est donc indépendant de la fécondation. Il paraît lié à la maturation des œufs dans les ovaires. Le cycle évolutif des oostégites correspond exactement au cycle ovarien. Ce fait rend très probable l'existence de corrélations entre ces deux organes.

Ce n'est pas là un cas isolé. Chez beaucoup de Crustacés, il existe des caractères sexuels secondaires temporaires dont le développement est en rapport avec l'activité des gonades. C'est en particulier le cas des organes développés chez la femelle au moment de la ponte et de l'incubation. R. de La Vaulx (³) admet que la formation de l'éphippie des Cladocères est sous la dépendance d'une hormone sécrétée par les gonades. C. Claus (⁴) a montré que de longues soies apparaissent sur les pattes thoraciques des femelles ovifères de *Nebalia;* ces soies servent à retenir les œufs et les embryons; elles disparaissent quand la période de reproduction est terminée.

Tout récemment, Mlle M.-L. Legueux (⁵) a fait des observations tout à fait analogues sur les soies qui garnissent les oostégites d'un Amphipode: *Gammarus duebenii*. E. Sollaud (⁶) a vu se développer de fortes soies sur

(¹) *Zool. Anz.*, t. 51, 1920, p. 183-184.
(²) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 794.
(³) *Bull. Biol. France et Belgique*, t. 55, 1921, p. 55.
(⁴) *Arb. Zool. Inst. Univ. Wien*, t. 8, 1888, p. 28 et 117.
(⁵) *Comptes rendus*, t, 178, 1924, p. 659.
(⁶) *Bull. Biol. France et Belgique* (supp. 5), 1923, p. 15-19.

les pléopodes antérieurs des femelles ovifères des *Palæmoninæ*, et ce n'est pas là, très probablement, un fait isolé chez les Décapodes. La sécrétion du mucus qui fixe les œufs à l'abdomen et aux pléopodes de l'Écrevisse (et probablement des autres Décapodes) est une fonction temporaire et périodique, probablement en rapport avec la maturation des œufs [Lereboullet (1)]. Ajoutons que, très vraisemblablement, les modifications si curieuses des pièces buccales des femelles ovifères de certains Sphéromiens [H.-J. Hansen (2), E.-G. Racovitza (3)] rentrent dans le cadre des faits signalés ci-dessus.

Conclusion. — Chez les Vertébrés — et aussi chez plusieurs Invertébrés [Vandel (4)] —, on a établi, par de nombreuses expériences, les relations étroites qui existent entre les gonades et le développement des organes sexuels secondaires. Chez les Arthropodes, à la suite d'expériences sur les Insectes, l'existence de semblables rapports a été formellement niée. Le développement des caractères sexuels secondaires des Arthropodes serait complètement indépendant des gonades (Meisenheimer). Cette conclusion est probablement trop catégorique. Les exemples précédents montrent que, chez les Crustacés — dans un certain nombre de cas, tout au moins — le développement des caractères sexuels secondaires temporaires est en rapport avec l'activité des gonades.

Quelle est la nature de ces relations? S'agit-il d'une relation directe, de cause à effet, comme chez les Vertébrés, ou le développement des gonades et des organes sexuels secondaires se trouve-t-il sous la dépendance d'un facteur commun réglant l'apparition de tous les caractères sexuels [G. Smith]? De nouvelles expériences sont nécessaires pour trancher la question.

A 15h50m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h15m.

É. P.

---

(1) *Ann. Sc. Nat, Zool.*, 4e série, t. 14, 1860, p. 363.
(2) *Quart. Journ. Micr. Sc.*, t. 49, 1906, p. 82-88.
(3) *Archiv. Zool. Expér. Gén.*, 4e série. t. 5, 1910, p. 640-644.
(4) *Bull. Biol. France et Belgique*, t. 55, 1922, p. 473-474.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 MARS 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

La mort vient de nous enlever le **Comte de Chardonnet** (**Louis-Marie-Hilaire Bernigaud**), membre de la division des Sciences appliquées à l'industrie; il nous appartenait depuis cinq ans et il est mort subitement mardi dernier, à l'âge de 85 ans.

Dès son entrée ici, nous avons tous apprécié l'élévation de ses idées, l'aménité de ses manières et la sûreté de ses relations; aussi a-t-il conquis immédiatement l'affection de tous. D'ailleurs nul ne portait ni plus de dévouement à notre Académie ni plus d'attachement à ses traditions.

Né à Besançon le 1er mars 1839, il appartenait à cette Franche-Comté qui a donné à la France le plus illustre peut-être de ses savants, le grand bienfaiteur de l'humanité, Louis Pasteur, dont le monde entier vient de célébrer le centenaire. Et ce fut pour M. de Chardonnet une grande joie de revenir dans sa ville natale représenter notre Académie aux fêtes données par la grande cité bisontine à l'occasion de ce centenaire.

Entré à l'École Polytechnique en 1859, notre futur confrère en sortit dans le corps des Ponts et Chaussées. Après avoir fait quelques voyages à l'étranger, il épousa en 1865 Mlle de Ruolz, nièce de l'inventeur de ce nom, et peu après il donna sa démission d'ingénieur, pour étudier, dans son laboratoire particulier, diverses questions de science pure et appliquée.

Son œuvre capitale c'est l'invention de la *soie artificielle* qui porte son nom. La mise au point de sa fabrication lui a demandé plus de 30 années de recherches pour choisir — la meilleure matière première, qui est une

solution de coton nitré, — le moyen de la filer, — de la dénitrer après filage, — de la mouliner, etc. Guidé par sa perspicacité innée, il a su observer la nature, et s'inspirer de ses procédés, toujours merveilleux. Ainsi, il avait vu que le liquide avec lequel le ver à soie constitue son fil se solidifie instantanément dès qu'il est projeté à l'air; — et il reconnut que cette solidification est due au contact d'un second liquide, sécrété en même temps par le Bombyx. De là, le procédé de filage artificiel créé par M. de Chardonnet, et qui consiste à faire jaillir, par une très petite ouverture, un mince filet de collodion dans un liquide coagulant.

Je ne puis insister sur la fécondité des procédés qu'il a mis en œuvre, mais j'aime à constater qu'il a créé de toutes pièces une industrie nouvelle, aujourd'hui répandue partout, et qui occupe des milliers d'ouvriers. En outre elle fait circuler des capitaux énormes; mais, suivant une loi trop souvent vérifiée, la fortune de l'inventeur n'en a guère bénéficié.

La création de soies artificielles concurrentes, obtenues avec des matières premières moins onéreuses, comme la pâte de bois, fut pour M. de Chardonnet l'occasion de récupérer de coûteux dissolvants, comme l'alcool et l'éther, qu'exige son procédé. Et cette nouvelle invention, après avoir soulagé sa propre fabrication, a passé dans d'autres industries dont elle augmente de même le rendement économique.

La fabrication de la soie artificielle n'a pas absorbé M. de Chardonnet tout entier; diverses questions de physique et de physiologie ont aussi exercé son ingéniosité toujours en éveil. A titre d'exemple je citerai ses recherches sur l'œil des oiseaux, qui lui ont permis d'expliquer des faits bien curieux. Ainsi il a montré que si le coq est hypnotisé devant un point brillant, c'est qu'il se rend volontairement et automatiquement aveugle; — et que si l'aigle paraît regarder le soleil en face, c'est qu'il ne le voit pas.

Il y aurait lieu de rappeler aussi, entre bien d'autres travaux, l'invention d'un actinographe spécial, — des recherches sur l'absorption des rayons ultraviolets par les milieux de l'œil, par les verres d'optique, par les liquides qui circulent dans les végétaux, ainsi que ses travaux sur l'aérostation, etc. Mais ce qui précède suffit à montrer la grande place que M. de Chardonnet a occupée dans la Science et dans l'Industrie.

Il nous quitte après avoir donné l'exemple d'une vie longue et bien remplie, sans que la mort ait pu le surpendre, car il était de ceux qui savent l'attendre. En envoyant à sa famille l'expression de toutes nos condoléances, nous pouvons l'assurer que nous conserverons de son chef le souvenir le plus affectueux.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Fields**, professeur de l'Université de Toronto, président du Comité national canadien des Mathématiques, qui assiste à la séance.

MÉCANIQUE. — *Solution élémentaire des problèmes d'élasticité à deux dimensions et conséquences.* Note de M. **Mesnager**.

Je crois intéressant de signaler une méthode élémentaire qui permet de trouver avec telle approximation qu'on désire, en élasticité à deux dimensions, les tensions intérieures dans un solide isotrope, limité à un contour fermé quelconque donné, sollicité sur ce contour par des forces ou des pressions données. Parfois même elle fournit la solution rigoureuse et complète.

Puisque les équations d'équilibre et les relations de Beltrami, qui expriment la continuité, sont des équations différentielles linéaires; si l'on en connaît des intégrales quelconques, la somme de celles-ci est encore une solution. Il suffit de choisir ces intégrales pour que leur somme vérifie les équations aux limites.

Parmi toutes les intégrales certains types simples sont utilisables d'une façon générale. Ainsi M. Flamant a déduit, des intégrales que M. Boussinesq avait établi pour trois dimensions, des intégrales correspondantes très simples pour l'élasticité à deux dimensions ([1]). Un système notamment est le suivant :

1° Les tensions intérieures d'un corps sollicité à l'origine dans le sens Oz et maintenu au contour extérieur par des tensions équilibrant des tensions principales concourant à l'origine, proportionnelles au cosinus de l'angle qu'elles forment avec la force à l'origine et inversement proportionnelles à la distance. Ces tensions sont indépendantes des coefficients d'élasticité.

2° Les déplacements u et w correspondants sont, en prenant pour axe des z la direction de la force dF qui est répartie à l'origine sur l'épaisseur e du corps :

$$u = \frac{dF}{2\pi\mu e}\left(-\frac{\lambda+2\mu}{3\lambda+2\mu}\operatorname{arc\,tang}\frac{x}{z}+\frac{zx}{r^2}\right),$$

$$w = \frac{dF}{4\pi\mu e}\left(-\frac{4(\lambda+\mu)}{3\lambda+2\mu}\log\text{nép}\, r+\frac{z^2}{r^2}\right).$$

([1]) *Comptes rendus*, t. 114, 1892, p. 577 et *Annales des Ponts et Chaussées*, 1893, t. 2, p. 258.

La fonction arc tang n'étant pas monodrome, mais augmentant de 2π pour chaque révolution autour de l'origine, on voit que ces formules ne peuvent convenir qu'à un corps qui présente un contour fermé, sur lequel, ou à l'extérieur duquel, est l'origine.

Par les formules de changement d'axes on trouve les tensions qui équilibreraient une force Z parallèle à Oz (ou une force X parallèle à Ox) agissant en un point quelconque situé sur le contour du corps. Je considère sur le contour du corps m points, comprenant tous les points où sont appliqués les forces données et d'autres points intermédiaires. Je prends ces points aussi rapprochés que je désire, si m est suffisamment grand. A chacun de ces points j'applique une force X et une force Z que j'affecte de l'indice du point (au besoin en concentrant au point la pression répartie sur une partie des deux intervalles qui le comprennent). Les tensions de Flamant, correspondant à la force X_a, ne pourront exister que si j'applique des tensions convenables sur toute la surface du corps. Je puis concentrer au point l les tensions, maintenant l'équilibre sur environ la moitié des intervalles à droite et à gauche de l. En faisant cette concentration ainsi que la précédente, je ne modifierai les tensions intérieures qu'à une distance du contour égale à environ l'intervalle de deux points. Toutes les tensions concentrées sont des fonctions linéaires des forces qui agissent sur le corps, de sorte qu'au point l on aura

$$AX_1 + BX_2 + \ldots + MX_m + A'Z_1 + \ldots + M'Z_n = X'_l,$$

X étant la force extérieure totale au point l, qui doit être égale à celle qu'impose les conditions du problème. De même on obtiendra une équation en Z'_l.

On aura ainsi $2m$ équations qui détermineront les $2m$ quantités X_1, X_2, ..., X_m, Z_1, ..., Z_m en fonction des données du problème. La connaissance des X_1, X_2, ..., Z_m permettra de déterminer les tensions intérieures en un point arbitraire.

Cette méthode peut conduire à des solutions complètes dans certains cas. Par exemple pour le *disque circulaire en équilibre* sous des forces appliquées à son contour. C'est presque ce que j'avais fait en 1901 [1].

Les tensions de Flamant utilisées ci-dessus étant indépendantes des coefficients d'élasticité, on voit que les solutions rigoureuses du problème

(1) *Comptes rendus*, t. 133, 1901, p. 1286, et *Annales des Ponts et Chaussées*, 1901, t. 4, p. 169.

posé au début en sont indépendantes. Elles sont en effet la limite pour le cas où m est infini.

On trouve aussi facilement une démonstration du théorème suivant donné par M. Michell [1]. Les tensions sont encore indépendantes des coefficients d'élasticité dans le cas où le solide précédent renferme des vides intérieurs, pourvu que le problème ne comporte pas d'attraction agissant sur les masses du corps et que la projection sur un axe quelconque des forces appliquées au contour de chaque vide soit nulle.

Relions chaque vide au contour par une fente infiniment étroite, on n'a plus que des forces appliquées au contour extérieur. On peut appliquer les intégrales de Flamant. Soit O une des ouvertures. Chaque fois qu'une force Z_a sera appliquée dans l'ouverture en tournant dans le sens positif autour de son point d'application à partir d'un point de la fente, pour revenir au point infiniment voisin de l'autre côté de cette fente, on trouvera des augmentations de u et w

$$\delta u = -\frac{Z}{\mu e}\frac{\lambda + 2\mu}{3\lambda + 2\mu} \qquad \text{et} \qquad \delta w = 0.$$

Il y a donc translation uniforme d'un des côtés de la fente par rapport à l'autre dans la direction perpendiculaire à Z.

La fente se ferme du côté où la force agit comme traction. Pour maintenir les deux côtés de cette fente en coïncidence, si le déplacement relatif n'est pas nul, il faut leur appliquer des tensions égales, fonctions du déplacement relatif qui est lui-même fonction des coefficients d'élasticité. Donc la condition nécessaire et suffisante, pour que les coefficients d'élasticité n'interviennent pas, est que le déplacement relatif des côtés de la fente soit nul.

Si à l'intérieur de l'ouverture $\Sigma Z = 0$, on aura $\Sigma \delta u = 0$. De même si $\Sigma X = 0$, on aura $\Sigma \delta w = 0$. Les deux côtés de la fente n'auront pas de déplacement relatif, on pourra les coller ensemble sans rien changer.

Pour toutes les forces extérieures à l'ouverture, les forces équilibrant les tensions de Flamant transmises à travers l'ouverture donneront $\delta u = 0$, $\delta w = 0$; car tout se passera comme si le corps était continu, les tensions appliquées remplaçant seulement le corps enlevé.

Il ne faut pas d'attractions. Car chacune peut être considérée comme appliquée au contour d'un vide intérieur infiniment petit. Puisque la pro-

---

[1] *Proceedings of the London mathematical Society*, t. 31, 1899, p. 100.

jection de cette attraction ne serait pas nulle, il y aurait translation d'un côté de la fente, joignant ce vide à l'extérieur, par rapport à l'autre perpendiculairement à la direction de cette attraction.

On a donc des formules indépendantes des coefficients d'élasticité dans les cas indiqués par M. Michell et seulement dans ces cas.

La méthode permet de résoudre complètement le problème de l'ouverture circulaire, percée dans un solide indéfini et sollicitée par des forces en équilibre. Elle donne de même exactement les tensions au contour d'un trou circulaire percé dans une pièce tendue.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les systèmes de sphères qui sont osculatrices aux lignes de courbure de deux surfaces.* Note de M. C. **Guichard**.

Je me propose d'étudier le problème suivant :

Trouver deux surfaces (M) *et* (M′) *qui se correspondent avec conservation des lignes de courbure et telles que la sphère osculatrice en* M *à la première ligne de courbure de* (M) *coïncide avec la sphère osculatrice en* M′ *à la deuxième ligne de courbure de* (M′).

J'ai indiqué, sans démonstration (¹), la solution analytique de ce problème. Je conserve toutes les notations de cette Note. La sphère Σ osculatrice en M à la première ligne de courbure de (M) a pour centre le point C_1. Il en résulte que le point M′ doit se trouver sur la droite C_2S_2 qui, ici, décrit une congruence O. A la congruence de sphère Σ correspond, dans un espace d'ordre cinq, une congruence (G) dont je désigne le premier foyer par A, le second par B; soient A_1 et B_1 les réseaux déduits de A et B par l'application de la méthode de Laplace. Le réseau A_1 correspond au cercle point qui a pour centre M et qui est situé dans le plan tangent à la surface (M). Il en résulte que le réseau A_1 est I; même conclusion pour le réseau B_1. On est donc ramené à trouver dans un espace d'ordre cinq des congruences (G) telles que les réseaux désignés par A_1 et B_1 soient des réseaux I.

On voit, tout de suite, en se reportant à la théorie générale des congruences de cercles et de sphères que la réciproque est exacte.

Cela posé, je transforme le système G par orthogonalité. A la congruence (G) correspond un réseau (g); je désigne par h, h_1, les réseaux

(¹) *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 601.

déduits de (g) par la transformation de Laplace, effectuée de u vers v; par K, K_1 ceux qu'on en déduit en faisant la transformation en sens inverse. Les réseaux A_1 et B_1 correspondent respectivement aux congruences hh_1 et KK_1; donc ces congruences sont I. Les réseaux (g) sont ceux que j'ai étudiés dans ma précédente Note [1]. Il en résulte que le problème revient à trouver des réseaux O associés, situés dans des espaces d'ordre 7 et 2 les indices d'association étant 3 et -3; et, par conséquent, à trouver les équations de Montard, indiquées dans ma Note de 1912.

Voici maintenant quelques propriétés des surfaces (M). Tout d'abord, il est clair que la transformation par inversion transforme les systèmes M et M' en systèmes analogues. Il y a beaucoup d'autres transformations du problème qui rentrent dans le cadre de la transformation générale des réseaux O associés et sur lesquelles je n'insiste pas.

La droite C_2S_2 décrit une congruence O; le réseau R_2, orthogonal à cette congruence, sera un réseau O. *Le réseau* M *est donc un réseau* O, *qui, après trois opérations de Laplace, se transforme en un réseau* O.

Réciproquement, si un réseau M possède cette dernière propriété, il y a, parmi les réseaux parallèles à M, des réseaux qui satisfont au problème posé au début de cette Note.

Le réseau S_2, conjugué à la congruence C_2S_2, est, *en général*, un réseau 2O; or R_5 joue, par rapport à R_2, le même rôle que S_2 par rapport à M; donc, *en général*, le réseau R_5 est 2O. Or le réseau R_5 est orthogonal à la congruence C_5S_5, cette congruence est en général 2O, par suite le réseau S_5 est en général 3O, etc.; si donc on prend de trois en trois tous les réseaux déduits de M, par l'application de la méthode de Laplace, dans un sens ou dans l'autre, on obtient une suite

$$(1) \qquad S_8,\ S_5,\ S_2,\ M_1,\ R_2,\ R_5,\ R_8,\ \ldots.$$

Tous les réseaux de cette suite appartiennent au type O; M et R_2 sont O; S_2 et R_5 en général 2O; S_5 et R_8 en général 3O, etc.

On sait que si l'on a deux réseaux O associés situés dans des espaces d'ordre p et q, on peut en déduire des réseaux O associés avec les mêmes indices situés dans des espaces d'ordre $p+2$ et $q-2$; $q>3$.

En partant des réseaux situés dans les espaces d'ordre 7 et 2 on en déduira des réseaux situés dans des espaces d'ordre 5 et 4; puis ensuite d'autres situés dans des espaces d'ordre 3 et 6.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 601.

On trouve ainsi un certain nombre de problèmes équivalents au problème posé. Cette méthode permet aussi de mettre en évidence des solutions particulières que je vais indiquer :

1° On prend des réseaux O associés, avec les indices 3 et — 3, dans des espaces d'ordre 6 et 2.

On en déduit, tout de suite, dans un espace d'ordre 6, des congruences AB, tels que les réseaux A_1 et B_1 déduits de A et B par la méthode de Laplace soient des réseaux N. Projetons ce système sur l'espace à cinq; on obtiendra des points a, b, a_1, b_1 qui décrivent des réseaux; les réseaux a_1 et b_1 étant des réseaux I; d'où une solution du problème posé. Dans ce cas particulier tous les réseaux de la suite (1) sont des réseaux O.

2° On prend ces réseaux dans des espaces d'ordre 3 et 5. Soient M et M′ les réseaux associés dans les espaces d'ordre 3 et 5; R, R_1, ..., S, S_1, ... les réseaux déduits de M par transformation de Laplace; R' R'_1, ..., S' S'_1 ceux qui sont déduits de M′; les congruences R R_1 et R' R'_1 sont applicables à une homothétie près; il en est de même de S S_1 et S' S'_1, c'est-à-dire que les congruences R R_1 et S S_1 sont des congruences K.

Je coupe le système M R R_1 S S_1 par un plan isotrope fixe; il y correspond des points A, B, C, D situés sur $S'S'_1$, $S'M'$, $M'R'$, $R'R'_1$; ces points décrivent des réseaux; les réseaux A et D étant des réseaux I.

Dans ce cas la sphère Σ qui correspond à la congruence BC décrit un système C.

CORRESPONDANCE.

L'Université de Toronto et le Royal Canadian Institute prient l'Académie de vouloir bien se faire représenter au *Congrès international de Mathématiques* qui se tiendra à Toronto du 11 au 16 août prochain.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Thermodynamique. Énergétique. Théorie cinétique des gaz*, par Anatole Leduc.

2° *British (Terra Nova) Antartic Expedition* 1910-1913 : *Report on the Maps and Surveys*, by F. Debenham.

3° *Recherches expérimentales sur l'hystérésis diélectrique*, par Marcel Mouline (Thèse de doctorat).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries d'Eisenstein.* Note de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. Hadamard.

Je nomme « série d'Eisenstein appartenant au nombre N » une série entière

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n = a_1 + a_1 x + \ldots \tag{1}$$

de rayon de convergence égal à *un* et dont les coefficients, supposés rationnels, sont tels que la substitution $x/\mathrm{N}x$ ramène cette série à une autre avec des coefficients entiers, N étant le plus petit entier qui jouit de cette propriété. Nous désignerons une telle série par « série $\mathcal{E}(\mathrm{N})$ ».

D'après le théorème d'Eisenstein, une série entière à coefficients rationnels qui représente une fonction algébrique est une série $\mathcal{E}(\mathrm{N})$, N étant convenablement choisi.

La réciproque n'est évidemment pas vraie, car il suffit, d'après le théorème de M. Fatou, de changer le signe d'une infinité de coefficients d'une série $\mathcal{E}(\mathrm{N})$ pour que, tout en restant $\mathcal{E}(\mathrm{N})$, cette série admette le cercle de convergence comme coupure.

Dans le cas où tous les a_n sont entiers [la série (1) est donc $\mathcal{E}(1)$], on connaît le théorème de M. Carlson : ou bien la série (1) représente une fonction rationnelle de la forme

$$\frac{\mathrm{P}(x)}{(1-x^p)^q} \quad [\mathrm{P}(x) \text{ est un polynome, } p \text{ et } q \text{ sont des entiers positifs}],$$

ou bien elle admet le cercle de convergence comme coupure.

Pour les séries $\mathcal{E}(\mathrm{N})(\mathrm{N} > 1)$ on pourrait se servir, parfois, du théorème de M. Borel, généralisé par M. Polyà [1].

Nous démontrerons un théorème qui nous permettra, en outre, d'indiquer la borne inférieure du nombre N, correspondant à une série à coefficients rationnels, qui représente une fonction algébrique.

---

[1] Ce théorème concerne les séries entières à coefficients entiers, dont le cercle de convergence est inférieur à *un* : si une telle fonction n'a qu'un nombre fini de points singuliers dans le cercle (et sur la circonférence) de rayon *un*, cette fonction est rationnelle.

Soit alors $\sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n$ une série $\mathcal{E}(N)$. Formons deux séries

$$\varphi(z) = \frac{a_1 N}{z} + \frac{a_2 N^2}{z^2} + \ldots + \frac{a_n N^n}{z^n} + \ldots$$

et

$$f(z) = -\frac{N}{z} + \frac{N^2}{z^2} - \ldots + (-1)^n \frac{N^n}{z^n} + \ldots.$$

La fonction représentée par la série $\varphi(z)$ est régulière à l'extérieur du cercle de rayon N : supposons, en outre, que toutes les singularités de cette fonction sont à l'intérieur du cercle de centre N et de rayon *un*.

La fonction $f(z)$ n'a qu'un seul point singulier, qui est un pôle d'affixe $-N$.

D'après un théorème connu de M. Hurwitz, la fonction représentée par la série

$$F(z) = \frac{\gamma_1}{z} + \frac{\gamma_2}{z^2} + \ldots + \frac{\gamma_n}{z^n} + \ldots,$$

où

$$\gamma_n = (a_1 N) N^{n} - C'_n (a_2 N^2) N^{n-1} + \ldots + (-1)^{n-1} (a_n N^n) N \tag{2}$$

n'a d'autres points singuliers que ceux dont l'affixe est $\alpha + \beta$, α étant un point singulier de $\varphi(z)$ et β un point singulier de $f(z)$. Toutes ses singularités sont donc situées à l'intérieur du cercle de centre O et de rayon *un* (car leurs affixes sont égaux à $\alpha - N$). Mais puisque, d'après l'égalité (2), tous les γ_n sont entiers, il faut donc qu'il existe un entier n_0 tel que, pour $n > n_0$, on ait $\gamma_n = 0$.

En désignant par $\Delta^n a_1$ la $n^{\text{ième}}$ différence de la suite

$$a_1, \quad a_2, \quad \ldots, \quad a_n, \quad \ldots,$$

on peut écrire

$$\Delta^n a_1 = a_1 - C'_n a_2 + \ldots + (-1)^{n-1} a_n = 0 \qquad (n > n_0).$$

On a donc, d'après la formule d'Euler,

$$\sum_{p=1}^{\infty} a_p x^{p-1} = \sum_{k=0}^{n_0} \frac{\Delta^k a_1}{(1-x)} \left(\frac{x}{1-x}\right)^k.$$

Le fait que $\varphi(z)$ a tous ses points singuliers à l'intérieur du cercle de centre N et de rayon *un*, correspond au fait que la série $\sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n$ a tous ses

points singuliers à l'intérieur du cercle de centre $\frac{N^2}{N^2-1}$ et de rayon $\frac{N}{N^2-1}$. On peut donc énoncer le théorème suivant :

Si $\sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n$ est une série $\mathcal{E}(N)$ régulière à l'extérieur et sur la circonférence du cercle de centre $\frac{N^2}{N^2-1}$ et de rayon $\frac{N}{N^2-1}$, cette série représente une fonction de la forme $\frac{\mathfrak{P}(x)}{(1-x)^h}$ [$\mathfrak{P}(x)$ est un polynome, h un entier positif].

Ceci a lieu par exemple si $\Sigma a_n x^n$ représente une fonction régulière à l'extérieur du cercle de centre 1 et de rayon égal à $\frac{1}{N-1}$ (ce cercle est tangent intérieurement au précédent au point $\frac{N}{N+1}$).

Il en résulte que, si l'on désigne par δ la distance du point 1 au point singulier le plus éloigné de lui, on peut écrire

$$\frac{1}{N+1} < \delta,$$
$$N > -1 + \frac{1}{\delta}.$$

Cette inégalité présente un intérêt, si toutes les singularités sont assez rapprochées du point 1; il faut aussi supposer qu'il existe des autres points singuliers que celui d'affixe 1.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur la détermination des nombres premiers par l'emploi des nombres binomes.* Note de M. **Léon Pomey**, présentée par M. L. Lecornu.

1. L'étude, dont quelques résultats sont ici résumés, se rattache à la méthode instituée et préconisée par Ed. Lucas [1] pour aborder le problème — que Gauss regardait comme fondamental [2] — de la recherche des grands nombres premiers. Elle repose sur les relations existant entre ceux-ci et les nombres binomes $x^n \pm y^n$, dont on sait le rôle considérable en Arithmétique supérieure (théorèmes de Fermat et d'Euler, résidus quadratiques, division géométrique du cercle, etc.) [3]. Les criteriums généraux

[1] *Americ. J.*, I, 1878, p. 303.

[2] *Disquisitiones*, n° 329.

[3] Précédemment, nous nous sommes déjà occupé des nombres binomes $x^n + y^n$ à propos de l'impossibilité de les représenter par une puissance $n^{\text{ième}}$ [*Sur le dernier théorème de Fermat* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1187). et à propos des *Nombres de Fermat* et de Mersenne $2^n \pm 1$ (*Ibid.*, t. 170, 1920, p. 100, et t. 171, 1920, p. 940)].

que nous obtenons, comprennent comme cas très particuliers plusieurs théorèmes remarquables du P. Pépin [1] et d'Ed. Lucas [2]; ils fournissent également les réciproques d'une série de propositions formulées par cet arithméticien [3].

2. *Définition.* — Rappelons qu'un entier p est dit un *diviseur primitif* du nombre $x^n - 1$, s'il le divise à l'exclusion de tout autre nombre $x^\nu - 1$, où ν soit un *sous-multiple* de n. — Cela posé, on a les théorèmes suivants :

Théorème A. — *Pour que l'entier p, premier à x, soit premier, il faut qu'il soit diviseur primitif de l'un des nombres $x^n - 1$, où n est un diviseur de $p - 1$; et cette condition est suffisante si n est $\geqq \frac{p-1}{12}$ et, dans le cas où $n < p - 1$, si n est* impair, *on admet un sous-multiple* impair *et $\geqq \frac{p-1}{12}$, ou enfin si n est une puissance de 2 avec $\frac{p-1}{n} = 1$, 3 ou 5 (exception faite des valeurs singulières $p = 25$, 91 et 8911).*

Remarque. — Ce théorème redonne pour $n = p - 1$ la réciproque du théorème de Fermat due à Ed. Lucas.

Corollaire B. — *Le nombre n étant premier et m étant pair et $\leqq 12$, pour que le nombre $p = 1 + m \times n$, qui est premier à x et qui ne divise pas $x^m - 1$, soit premier, il faut et il suffit qu'il divise $x^{p-1} - 1$, c'est-à-dire $x^{\frac{p-1}{2}} + \varepsilon$ ($\varepsilon = \pm 1$).*

Applications. — En faisant successivement $x = 2, 3, 5, \ldots$ nous avons une suite indéfinie de théorèmes « wilsoniens » pour les nombres premiers p de la forme $8h + a$, $12h + b$, $10h + c$, ... (avec $\varepsilon = -1$ pour a, b et $c = \pm 1$, et $\varepsilon = +1$ pour $a = \pm 3$, $b = \pm 5$, $c = \pm 3$). En voici deux exemples ($p > 2^{12}$) :

Théorème. — *Pour que p soit premier impair ainsi que $\frac{p-1}{2}$ ou $\frac{p-1}{6}$ ou $\frac{p-1}{10}$, il faut et il suffit que p divise $2^{\frac{p-1}{2}} - 1$ ou $2^{\frac{p-1}{2}} + 1$ suivant que $p = 8h + 7$ ou $8h + 3$.* (Le seul cas énoncé par E. Lucas est relatif à $8h + 7$ *et* $\frac{p-1}{2}$ premiers.)

Théorème. — *Pour que $p = 8h + 1$ soit premier impair ainsi que h, ou pour*

---

(1) *Comptes rendus*, t. 84, 1877, p. 329.
(2) *Loc. cit.*, et *Encycl. Math.* (*Théorie des Nombres*, p. 50).
(3) *Association française pour l'avancement des Sciences*, 1886, p. 101.

que $p = 8h + 5$ *le soit ainsi que* $\frac{p-1}{4}$ *ou* $\frac{p-1}{12}$, *il faut et il suffit que p divise respectivement* $2^{\frac{p-1}{2}} - 1$ *ou* $2^{\frac{p-1}{2}} + 1$.

Corollaire C. — *Pour que le nombre* $p = m \times 2^{\lambda} + 1$ (*avec* $m = 1$, 3 *ou* 5) *soit premier, il faut et il suffit qu'il divise* $x^{\frac{p-1}{2}} + 1$ (x désignant un non-reste quadratique des nombres de la forme de p).

Applications. — Pour $m = 1$, on retombe sur une proposition de Lucas avec $x = 3$ et du P. Pépin avec $x = 5$. Citons une autre application du corollaire C :

Théorème — *Pour que* $p = 3 \times 2^{\lambda} + 1$ *ou* $p = 5 \times 2^{\lambda} + 1$ *soit premier, il faut et il suffit que p divise respectivement* $5^{\frac{p-1}{2}} + 1$ ou $3^{\frac{p-1}{2}} + 1$.

3. Si l'on se borne à supposer que n est soit *premier* impair, soit une *puissance de* 2, on peut, dans les théorèmes A, B, C, affranchir le nombre m ou $\frac{p-1}{n}$ des limites imposées (12 et 5) et lui laisser prendre des valeurs de l'ordre de $\sqrt{p}$. Dans ce qui suit, g *désignera le plus petit entier* ($\geqq 1$) *tel que* $1 + 2gn$ *soit premier.*

Théorème D. — *Pour que le nombre* $p = m \times n + 1$ (*premier à* x), *où* n *est* PREMIER IMPAIR *et* $> \frac{\sqrt{p}-1}{2g}$ $\left[c'est\text{-}à\text{-}dire > \frac{1}{g}\left(\frac{m}{4g} - 1\right)\right]$, *soit premier, il faut qu'il divise l'un des nombres* $x^{\nu} \pm 1$ *où* ν *est un diviseur de* $p - 1$; *et cela suffit si,* ν *étant égal à* λn ($\lambda \geqq 1$), *p est premier avec* $x^{\lambda} \pm 1$.

Corollaire E. — *Une condition nécessaire et suffisante pour que*

$$p = m \times n + 1$$

soit premier $\left(avec\ n\ \text{PREMIER}\ impair\ et > \frac{\sqrt{p}-1}{2g}\right)$ *se déduit du théorème* D *en prenant* $\lambda n = p - 1$, *donc* $\lambda = m$ (avec le signe −, bien entendu).

Théorème F. — *Pour que le nombre* $p = m \times n + 1$, *où* n *est une* PUISSANCE DE 2 *supérieure à* $\frac{\sqrt{p}-1}{2g}$ $\left[c'est\text{-}à\text{-}dire\ à\ \frac{1}{g}\left(\frac{m}{4g} - 1\right)\right]$, *soit premier, il faut* (x *étant un non-reste quadratique de* p) *que p divise l'un des nombres* $x^{\nu} + 1$ *où* ν *est un diviseur de* $\frac{p-1}{2}$; *et cela suffit, si* ν *étant égal à* $\lambda \frac{n}{2}$ (λ impair $\geqq 1$), *p est premier avec* $x^{\lambda} + 1$.

Corollaire G. — *L'énoncé précédent* (F) *subsiste en prenant* $\lambda = m$, *donc* $\nu = \frac{p-1}{2}$.

4. Pour terminer, indiquons quelques résultats numériques relatifs à de grands nombres 2^n+1; ils complètent ceux d'une Note précédente [1] : $2^{130}+1$ est divisible par 521, $2^{160}+1$ par 641, $2^{168}+1$ par 673, $2^{214}+1$ par 857, $2^{244}+1$ par 977, $2^{252}+1$ par 1009, $2^{300}+1$ par 1201, $2^{324}+1$ par 1297, $2^{330}+1$ par 1321, $2^{340}+1$ par 1361, $2^{540}+1$ par 2161.

MÉCANIQUE. — *Sur un problème fondamental relatif à une étude de la torsion des arbres de transmission.* Note de M. **Charles Platrier**, présentée par M. Sebert.

1. Considérons un arbre de transmission de longueur L composé de n tronçons de cylindres droits parallèles à Ox axe de symétrie commun, de longueurs $l_1 l_2 \ldots l_n$, soudés parfaitement bout à bout par leurs bases : les rayons de ces cylindres, la nature des matériaux qui les constituent peuvent varier d'un cylindre à l'autre.

Sur certains d'entre eux, voir même sur tous, s'exercent des couples de forces extérieures d'axe Ox qui servent uniquement à tordre l'arbre. Ceux appliqués sur le $p^{\text{ième}}$ cylindre par exemple sont répartis uniformément sur toute sa longueur : ils sont les mêmes, $C_p dx$, sur chaque tranche d'épaisseur dx comprise entre deux sections droites et

$$C_p = K_p M_p \sin\frac{t}{T} \qquad (K_p M_p T \text{ constantes}).$$

D'un cylindre à l'autre les couples $C_p dx$ diffèrent par les coefficients $K_p M_p$ mais sont tous sinusoïdaux de même période T et de même phase qu'il est loisible de choisir nulle.

Soit α_p l'angle dont tourne la section x du $p^{\text{ième}}$ cylindre autour de Ox à l'instant t.

Dans l'arbre soumis à l'action des couples extérieurs se développent des tensions. Nous les supposons telles que, pour la section droite x, les éléments situés du côté de O exercent sur les éléments de l'autre côté un ensemble de tensions réductibles à un couple $\left(-K_p\frac{\partial\alpha_p}{\partial x}\right)$ d'axe Ox dit couple de torsion en x à l'instant t.

Nous nous proposons de déterminer à chaque instant l'angle α_p dont tourne la section x du $p^{\text{ième}}$ cylindre constituant l'arbre de transmission.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 100.

2. En appelant $I_p dx$ l'inertie par rapport à Ox de la tranche d'épaisseur dx du $p^{\text{ième}}$ cylindre en question, le théorème des moments cinétiques par rapport à Ox, appliqué à la tranche d'épaisseur dx, donne l'égalité

$$I_p \frac{\partial^2 \alpha_p(x,t)}{\partial t^2} dx = K_p M_p \sin\frac{t}{T} dx - K_p \frac{\partial \alpha_p(x,t)}{\partial x} + K_p \frac{\partial \alpha_p(x+dx,t)}{\partial x},$$

soit, en posant

$$\frac{K_p}{I_p} = V_p^2, \qquad V_p T = \lambda_p, \qquad M_p \lambda_p^2 = N_p,$$

$$(1) \qquad \frac{\partial^2 \alpha_p}{\partial x^2} - \frac{1}{V_p^2}\frac{\partial^2 \alpha_p}{\partial t^2} + M_p \sin\frac{t}{T} = 0,$$

équation dont la solution générale est

$$\alpha_p = \varphi(x - V_p t) + \psi(x + V_p t) - N_p \sin\frac{t}{T}$$

(φ et ψ fonctions arbitraires),

et qui admet, en particulier, la solution

$$(2) \qquad \alpha_p = \left[A_p \sin\left(\frac{x}{\lambda_p} + \psi_p\right) - N_p\right] \sin\frac{t}{T},$$

contenant deux constantes arbitraires A_p et ψ_p.

3. Faisant varier p de 1 à n, nous avons n relations (2) contenant $2n$ constantes arbitraires à déterminer par les conditions aux limites suivantes :

a. Aux extrémités libres de l'arbre de transmission le couple de torsion est nul en vertu du principe de l'action et de la réaction, c'est-à-dire que

$$(3) \qquad \frac{\partial \alpha_1}{\partial x} = 0 \quad \text{pour } x = 0, \qquad \frac{\partial \alpha_n}{\partial x} = 0 \quad \text{pour } x = L.$$

b. Sur une section droite séparant le $\overline{p-1}^{\text{ième}}$ et le $p^{\text{ième}}$ cylindre

$$(4) \qquad K_{p-1}\frac{\partial \alpha_{p-1}}{\partial x} = K_p \frac{\partial \alpha_p}{\partial x} \qquad (x = l_1 + l_2 + \ldots + l_{p-1}),$$

en vertu du même principe, et la soudure des cylindres bout à bout étant supposée parfaite,

$$(5) \qquad \alpha_{p-1} = \alpha_p \qquad \text{pour } x = l_1 + l_2 + \ldots + l_{p-1}.$$

4. Si l'on peut déterminer les $2n$ constantes A_p et ψ_p de manière à satisfaire aux $2n$ conditions aux limites ci-dessus, les n relations (2) peuvent être considérées comme donnant la solution du problème fondamental objet de la présente Note.

Après avoir posé

$$(6)\quad \varphi_p = \frac{l_1 + l_2 + \ldots + l_{p-1}}{\lambda_p} + \psi_p, \qquad a_p = \frac{l_p}{\lambda_p}, \qquad h_p = \frac{K_{p+1}}{K_p}, \qquad P_p = N_{p+1} - N_p,$$

le problème fondamental revient donc à déterminer les $2n$ constantes A_p et φ_p définies par les $2n$ relations

$$(7)\quad \begin{cases} \cos\varphi_1 = 0, \qquad \cos(\varphi_n + a_n) = 0; \\ A_p \sin\varphi_p = A_{p-1}\sin\overline{\varphi_{p-1} + a_{p-1}} + P_{p-1} \\ A_p \cos\varphi_p = h_{p-1} A_{p-1} \cos\overline{\varphi_{p-1} + a_{p-1}} \end{cases} \quad (p = 2, 3, \ldots, n).$$

5. Nous nous proposons de discuter ailleurs dans différents cas les équations (7). Insistons simplement pour l'instant sur le caractère linéaire, en les α_p et leurs dérivées partielles, des égalités (1), (3), (4), (5), ce qui montre que, si les couples de forces extérieures $C_p\,dx$ sont constitués par une somme en nombre fini de termes sinusoïdaux, à chaque ensemble de termes C_p de même période et de même phase, correspond une solution (2) et la solution complète du problème plus général qui se pose alors est la somme des solutions partielles ainsi obtenues.

Ajoutons en terminant que les questions d'accouplement des moteurs à explosion et dynamos étudiées par M. Lecornu [1] et M. Blondel [2] peuvent être traitées en partant de ce problème. On considérera pour cela que les cylindres constituant l'arbre de transmission sont : les portions de l'arbre-vilebrequin situées dans les paliers et des cylindres remplaçant les manivelles, l'accouplement élastique, les volants, la dynamo, etc.

PHYSIQUE. — *Observation sur les remarques de M. D. Berthelot relatives à la Communication de M. Bochet sur la loi des états correspondants de van der Waals.* Note de M. **Bochet**, présentée par M. Ch. Lallemand.

D'après M. Berthelot [3], la manière dont j'ai reproduit les déductions de Van der Waals [4] serait inexacte en ce que celui-ci détermine les coordonnées du point critique en écrivant que les trois racines de son équation deviennent égales en ce point, tandis que je lui fais dire que le point

---

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 992 et 1254.
(2) *Ibid.*, t. 177, 1923, p. 1171; t. 178, 1924, p. 46 et 354.
(3) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 677.
(4) *Ibid.*, p. 377.

critique est, pour l'isotherme correspondante, un point d'inflexion à tangente horizontale. Or tous les mathématiciens savent que ces deux manières de s'exprimer, l'une en langage algébrique, l'autre en langage géométrique, signifient *exactement la même chose;* la seule différence, à ce point de vue, entre une équation algébrique du troisième degré et une autre étant qu'il s'agit, pour la première, de ses trois seules racines et, pour la seconde, de trois de ses racines.

PHYSIQUE. — *Sur l'élasticité des gelées soumises à une déformation électrique et sur le mécanisme de la contraction musculaire.* Note de M. **Félix Michaud**, transmise par M. Daniel Berthelot.

Une gelée de gélose, traversée par un courant électrique, se contracte à à l'anode et se gonfle à la cathode (¹). Ce phénomène, qui se rattache sans doute à une osmose électrique, paraît avoir des applications biologiques importantes et mérite d'être étudié en détail.

A la demande de quelques physiologistes, j'ai observé, en particulier, comment se comporte la gelée quand cesse l'action électrique, dans le but de rapprocher les phénomènes de ceux, bien connus, qui se produisent dans les muscles.

La question m'a paru d'abord extrêmement complexe. Alors que, soumise à une déformation mécanique, une gelée manifeste toujours, pourvu que la déformation soit faible, une élasticité presque parfaite, traversée par un courant électrique, puis abandonnée à elle-même, elle se comporte de façon très variable suivant les conditions expérimentales. Parfois elle revient rapidement à sa forme d'équilibre, comme un ressort qui se détend, mais parfois aussi elle ne reprend son état initial qu'au bout de plusieurs heures.

Une analyse, dont le détail ne peut trouver place ici, m'a conduit, après l'essai et le rejet de plusieurs hypothèses, à démêler les causes de ces curieuses particularités. L'élasticité dépend de deux facteurs : le premier est la valeur relative de la déformation. Les forces qui tendent à ramener la gelée à son état primitif vont en croissant au fur et à mesure que l'effet du courant s'accentue. Elles sont les mêmes, dans une gelée donnée, pour une même valeur *relative* de la déformation. Il s'ensuit que, si l'on veut obtenir des mouve-

---

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1217.

ments rapides, une première condition est d'utiliser des couches minces de gelée.

L'autre cause, qui peut devenir très importante, de l'élasticité est la présence de forces extérieures qui tendent à s'opposer à la déformation. Ces forces, qui sont souvent difficiles à discerner, proviennent de ce que certaines régions de la gelée se trouvent, pour une raison ou pour une autre, dans l'impossibilité de subir la déformation électrique et réagissent alors pour ramener à leur forme initiale les régions voisines qui obéissent à cette action. On réalise particulièrement bien ces conditions en soumettant de la gélose, coulée dans un tube de verre, à un champ électrique longitudinal. La gelée adhérente à la paroi reste immobile et s'oppose élastiquement à la déformation des régions voisines de l'axe qui peuvent se déplacer. Un champ électrique de quelques volts par centimètre produit alors une déformation qui, d'abord rapide, s'arrête bientôt; la suppression du champ provoque un mouvement inverse analogue : rapide d'abord, puis plus lent. Enfin, fait important, il suffit, la déformation une fois obtenue, de diminuer le champ pour voir le mouvement rétrograder. On a réalisé un système qui se rapproche d'une machine électrique réversible.

Il résulte de ce qui précède un moyen d'améliorer les fibres décrites dans une Note précédente, en les rendant plus élastiques et plus rapidement contractiles. La gaine de gelée, qui en constitue le revêtement, doit être mince et, d'autre part, il est bon d'embrocher sur la fibre de petits disques rigides (j'utilise des disques découpés dans des *cartes manquées*), qui empêchent la contraction transversale de certaines régions et donnent plus d'élasticité aux déformations de l'ensemble.

Une constatation curieuse s'impose alors : sans le vouloir, et en nous donnant uniquement pour but de rendre plus élastiques nos fibres contractiles de gelée, nous sommes amenés à réaliser un système qui rappelle singulièrement une fibre musculaire striée. On sait que ces dernières sont précisément susceptibles de mouvements plus rapides que les fibres lisses. D'après les observations de Ranvier, les *disques minces* de la fibre musculaire striée restent non déformés pendant la contraction ; ils joueraient donc un rôle analogue aux disques de carton de la fibre artificielle.

OPTIQUE. — *Sur la discussion géométrique de l'activité optique dans les cristaux.* Note [1] de M. **H. Chipart**, présentée par M. L. Lecornu.

La théorie électromagnétique exposée dans mes Communications antérieures, de même que la théorie structurale développée par Potier, rattachent l'activité optique à l'existence du tenseur inverse le plus général du premier ordre qu'on peut décomposer en un tenseur symétrique lié à la forme quadratique $G(x, y, z)$ et en un tenseur symétrique-gauche lié à la forme linéaire $(px + qy + rz)$. De là résulte la répartition des cristaux en deux classes :

A. Cristaux pouvant propager des vibrations elliptiques (15 types).

B. Cristaux ne propageant que des vibrations rectilignes (17 types).

C'est une conséquence nécessaire des propriétés d'invariance de $G(x, y, z)$ et de $(px + qy + rz)$. On a affaire à un scalaire inverse (G) et à un scalaire direct $(px + qy + rz)$ qui fournissent les criteria suivants :

Criteria. — 1° *Centre de symétrie.* — $G(x, y, z)$ et (p, q, r) sont nuls.

2° *Plan de symétrie* $P = 0$. — On a $G = PQ$, le plan $Q = 0$ étant perpendiculaire à $P = 0$. Le vecteur (p, q, r) est parallèle au plan de symétrie.

3° *Axe quaternaire inverse* (Λ'^4) (tétartoédrie sphénoédrique). — On a $G = PQ$, P et Q désignant deux plans rectangulaires qui se coupent suivant Λ'^4. Le vecteur (p, q, r) est nul.

4° *Axe de symétrie direct* (d'ordre 2, 3, 4 ou 6). — La quadrique $G(x, y, z) - 1 = 0$ possède le même caractère de symétrie. Le vecteur (p, q, r) est parallèle à l'axe.

Conséquences. — A. La quadrique $G(x, y, z) - 1 = 0$ n'existe que dans quinze types de symétrie [2] :

1° Hémiédrie holoaxe de chacun des sept systèmes cristallins.

2° Tétartoédrie des systèmes cubique $(3\Lambda^2, 4L^3)$, hexagonal (Λ^6), rhomboédrique (Λ^3) et quadratique (Λ^4).

3° Hémiédrie sphénoédrique $(\Lambda^2, 2L^2, 2P')$ et tétartoédrie sphénoédrique (Λ'^4) du système quadratique.

4° Antihémiédrie des systèmes orthorhombique (L^2, P', P'') et clinorhombique (P).

B. Au contraire les coefficients de $G(x, y, z)$ sont nuls pour les dix-sept autres types de symétrie :

1° Holoédrie (7).

2° Parahémiédrie (4).

---

(1) Séance du 10 mars 1924.

(2) Dénominations adoptées par M. G. Friedel dans ses *Leçons de Cristallographie* (1911).

3° Antihémiédries (5) autres que les deux types (4°) de la classe A.

4° Antitétartoédrie du système hexagonal (Λ^3, Π).

Parmi les dix-sept types B il s'en trouve trois pour lesquels le vecteur (p,q,r) existe. Ce sont les trois antihémiédries (Λ^6, 3P, 3P′), (Λ^3, 3P) et (Λ^4, 2P, 2P′). On vérifie que ces trois types de cristaux ne peuvent propager que des vibrations rectilignes.

En résumé aucun des cristaux appartenant à la classe B ne peut propager de vibrations elliptiques. Cette conclusion, formulée il y a plus de quarante ans par Willard Gibbs ([1]), n'a pas rencontré l'adhésion unanime des physiciens. Aujourd'hui encore certains auteurs ([2]) persistent à penser que le pouvoir rotatoire peut se manifester dans tous les cristaux dépourvus de centre de symétrie, c'est-à-dire non seulement dans les quinze types A, mais encore dans les six types appartenant aux catégories 3° et 4° de la classe B.

Pourrait-on étayer cette assertion en renonçant à la notion de potentiel et faisant appel aux relations vectorielles linéaires les plus générales

$$E=f_1\left(D,\frac{\partial D}{\partial x},\frac{\partial D}{\partial y},\frac{\partial D}{\partial z}\right) \quad \text{ou} \quad P=f_2\left(E,\frac{\partial E}{\partial x},\frac{\partial E}{\partial y},\frac{\partial E}{\partial z}\right)$$

qui caractérisent les théories de Sarrau et de M. Boussinesq? A cette question il faut répondre par la négative : le principe de Carnot exige que les coefficients additionnels ainsi introduits s'annulent, à l'exception d'un seul d'entre eux qui est un scalaire inverse et ne peut, par conséquent, exister dans les cristaux de la classe B ni dans les cristaux 3° et 4° de la classe A. D'autre part, le principe de similitude (approché) des deux vibrations elliptiques transmises, principe postulé par Airy en 1831, nécessite dans tous les cas l'annulation de ce dernier coefficient.

Ces considérations laissent pressentir que la loi d'activité optique fournie par la quadrique $G(x,y,z)-1=0$ et le vecteur (p,q,r), loi implicitement contenue dans les travaux de Mac Cullagh, postérieurs de vingt ans à ceux de Fresnel, est appelée à s'imposer au même titre que la loi de l'ellipsoïde des indices.

([1]) WILLARD GIBBS, *On double refraction in perfectly transparent Media which exhibit the Phenomena of Circular Polarization* (*American Journal of Science*, vol. 10, 1882).

([2]) L. LONGCHAMBON, *Recherches expérimentales sur le pouvoir rotatoire des corps cristallisés* (*Thèse*, 1923, p. 19).

RADIOLOGIE. — *Cinématographie radiographique du cœur de l'homme.* Note de MM. **Comandon** et **Lomon**, présentée par M. J. Breton.

L'enregistrement cinématographique du fonctionnement de certains organes observés par les rayons X, et en particulier du cœur, présente un intérêt évident, mais n'a pu jusqu'ici être réalisé sur l'homme.

Les radiographies directes, prises successivement, ne permettent pas, à cause des dimensions des pellicnles à employer, d'obtenir un nombre suffisant d'images à la seconde. Chacune des pellicules devrait être présentée devant la région à examiner, immobilisée pendant la radiographie, puis éjectée, le tout en $\frac{1}{16}$ de seconde. L'inertie du matériel que l'on peut imaginer s'oppose à des vitesses intermittentes aussi grandes.

D'autre part, la cinématographie d'images radioscopiques n'avait pu jusqu'ici être obtenue que sur des animaux de petite taille parce que l'intensité lumineuse de ces images est trop faible et médiocrement utilisée par les objectifs photographiques ordinaires.

Les progrès de l'instrumentation radiologique nous ont permis de réaliser sur l'homme adulte des images cinématographiques du cœur à la vitesse de 16 à 18 par seconde en employant le même procédé fondamental qui nous a servi en 1911 pour réaliser la cinématographie radiographique des petits animaux. Dans cette méthode on associe un écran fluorescent spécial et un objectif très perméable au rayonnement de l'écran et à très grande ouverture. L'écran, à base de tungstate de calcium, donne une luminescence violette; l'objectif, en quartz et uviol, a une ouverture de f. 1,55.

La fabrication de l'écran choisi ayant été retardée, nous avons provisoirement utilisé des écrans à luminescence blanche au tungstate de cadmium. L'emploi de ces écrans nécessite des intensités de 150 à 300 milliampères pour obtenir un nombre suffisant de photographies par seconde. Le développement des films obtenus dans ces conditions a révélé des particularités intéressantes du fonctionnement du tube Coolidge employé et de l'excitation de l'écran fluorescent.

Lorsque le tube est traversé par un courant de 250 milliampères sous une tension de 80 kilovolts, les cinq premières images montrent la cage thoracique et le cœur avec une bonne intensité photographique; il se produit ensuite une baisse subite de cette intensité et les photographies suivantes sont à peine lisibles.

Si l'on examine le tube après un fonctionnement de 1 à 2 secondes, on constate que la paroi interne du ballon de verre est métallisée et forme miroir; l'anticathode est creusée et fondue avec projection de petites gouttelettes de métal. Sous l'effet d'une intensité qui dépasse 15000 watts, mesurée en tenant compte du coefficient 0,8 indiqué par Dauvillier, il se produit presque instantanément une volatilisation du métal; en un quart de seconde, le tube contient de la vapeur de tungstène et ne fonctionne plus comme un tube à pure émission électronique. Il paraît vraisemblable, d'autre part, que les électrons ne sont plus reçus par le métal de l'anticathode, mais par la couche gazeuse projetée en avant de l'anticathode par la volatilisation de celle-ci.

La recherche de la tension optima à appliquer au tube pour le meilleur rendement de l'écran fluorescent est facilitée par l'examen du film cinématographique. Si l'on fait varier progressivement la tension, l'intensité restant la même, l'inspection du film montre qu'elle est la différence de potentiel pour laquelle la luminosité de l'écran a été excitée au mieux. Les modifications de tension portant entre 65 et 85 kilovolts ne modifient pas sensiblement l'éclat de l'écran fluorescent. Mais quand on atteint un potentiel explosif entre pointes de 24^{cm}, soit un peu plus de 100000 volts, l'intensité lumineuse croît brusquement au point d'être environ doublée. Or, cette tension répond à l'excitation du rayonnement K du tungstène, qui apparaît à 70 kilovolts, mais qui ne devient intense qu'au-dessus de 90 kilovolts.

Nous avons pu réaliser, malgré l'écran provisoire que nous employons, un film de 50 images en 3 secondes, qui, grâce à ce que nous avons pu atteindre 100000 volts, n'a exigé que 150 milliampères pour donner un résultat satisfaisant. Nous escomptons des résultats plus aisés à obtenir par des modifications importantes de l'écran et du tube, qui paraissent devoir rendre pratique l'obtention des résultats que nous présentons aujourd'hui.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Traitement des résidus urbains.*
Note [1] de M. A. **Bigot**, présentée par M. Haller.

En 1890, nous avons commencé des recherches sur les verres et les émaux; nous avons poursuivi ces recherches sans interruption et nous avons obtenu une série de verres basiques, vitreux ou cristallisés, susceptibles de

---

[1] Séance du 10 mars 1924.

nombreuses applications, au moyen de résidus industriels : boues rouges, déchets de mines et de carrières, laitiers, scories, cendres, mâchefers et déchets urbains, etc.

D'après les conseils de M. Haller, nous avons étendu nos recherches sur les résidus urbains et en particulier sur ceux de la région de Paris, dans le but de leur appliquer des méthodes de traitement qui satisfassent aux principes de l'hygiène et qui permettent de transformer complètement des résidus en matériaux utilisables sur place.

Ils sont formés d'un mélange de matières les plus diverses, que l'on peut ranger en quatre catégories principales :

1° Des cendres de foyer, plus abondantes l'hiver que l'été ;

2° Des substances combustibles : charbon non brûlé, papiers, chiffons, bois, débris d'alimentation d'origine animale ou végétale, etc. ;

3° Des substances incombustibles : métaux, alliages, débris de poterie ou de verres, pierres, sables, etc. ;

4° De l'eau à l'état libre ou combinée et des solutions aqueuses.

Autrefois, après triage à la main des papiers, chiffons, métaux et autres objets utilisables, ces résidus étaient mis aux remblais, ou livrés aux agriculteurs comme engrais, bien que leurs propriétés fertilisantes soient discutables. Cette méthode est encore utilisée dans un grand nombre de villes.

Aujourd'hui le procédé d'incinération se répand de plus en plus. Les résidus, amenés dans les usines de traitement, y subissent d'abord, dans des conditions contraires à l'hygiène, un triage à la main des objets volumineux (boîtes métalliques, etc.) qui peuvent gêner le fonctionnement des appareils et que l'on utilise; ensuite on les tamise pour séparer les cendres qui sont pauvres en combustible, le reste est brûlé dans des foyers spéciaux et les calories, dégagées par la combustion, servent à produire de la vapeur d'eau, de la force motrice ou de l'énergie électrique.

On retire de ces foyers spéciaux des cendres et surtout des mâchefers, de sorte que le traitement (en dehors des objets triés à la main) aboutit à deux catégories de déchets :

1° Des cendres provenant des résidus bruts ou des résidus brûlés ;

2° Des mâchefers très durs, agglomérés et parfois fondus.

Aux temps anciens, d'après Pline, la fusion accidentelle de cendres de plantes fut l'origine de l'invention du verre (¹).

(¹) HAUDICQUIER DE BLANCOURT, *De l'art de la Verrerie*, Paris, 1697.

Les mâchefers, au point de vue de la dureté, sont comparables aux argiles cuites; nous avons constaté que, dès la plus haute antiquité, on fabriquait, en Asie, avec des mélanges de chaux et de terre cuite broyée des agglomérés sous forme de briques, de frises ornementales, de pierres sur lesquelles des inscriptions sont gravées en creux (¹).

En s'inspirant de ces antiques procédés, on trouvera les principaux emplois des cendres et des mâchefers provenant des résidus urbains.

Dans certaines villes d'Allemagne, où l'on brûle surtout des lignites, les résidus renferment en moyenne 50 pour 100 de cendres fines, on les tamise et on les transforme en verre (procédé Humboldt); le reste est brûlé et fournit environ 30 pour 100 de son poids de mâchefers, qui sont broyés mélangés avec de la chaux ou du ciment pour fabriquer des agglomérés de toutes sortes : briques, pierres, pièces d'architecture, tuyaux, etc.

Pour obtenir des mâchefers qui conviennent à cette fabrication il faut que les résidus produisent par kilogramme au moins 1000 calories en brûlant; s'ils sont trop pauvres, on leur ajoute, pour les enrichir, des proportions convenables de charbon, lignite ou autres combustibles.

La quantité de résidus atteint 3000 tonnes par jour dans le département de la Seine, en été elle est moindre. Les usines, créées jusqu'à ce jour, ne suffisent pas pour traiter une pareille masse; en réalité, on traite 1200 tonnes par jour.

Les résidus, après le triage à la main, sont passés dans des cribles à mailles de 20 à 22^{mm} que traversent les cendres fines et des déchets en morceaux dans la proportion de 30 pour 100, soit 360 tonnes qui sont livrées aux agriculteurs. Les 840 tonnes qui restent sont incinérées et laissent 220 tonnes de mâchefers.

Le pouvoir calorifique de ces résidus est à peine de 700 calories par kilogramme, la combustion se fait mal; il reste dans les mâchefers des sulfures, des phosphures et du charbon non brûlé; la proportion de ce dernier atteint souvent 20 pour 100.

Ces impuretés empêchent la fabrication d'agglomérés à froid à base de chaux ou de ciment; les mâchefers d'hiver sont broyés et mélangés avec de la chaux, puis comprimés sous forme de briques qui sont durcies à l'autoclave dans la vapeur d'eau à 130°; mais les briques ainsi obtenues donnent à l'air des efflorescences et se teintent, il s'y forme des taches de rouille, elles ne peuvent être employées ni comme briques de parement ni comme briques de cloisons. Les mâchefers d'été sont impropres à tout usage et sont envoyés aux remblais.

(¹) *Reconstitution des frises du Palais de Darius*, d'après une lecture faite par l'auteur en juin 1913 à l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres.

En résumé, sur 3000 tonnes de résidus, on incinère 840 tonnes et sur 220 tonnes de mâchefers on utilise la moitié pour fabriquer des briques de choix inférieur.

Nous avons calciné à l'air, jusqu'à ce que l'oxydation soit complète, des mâchefers d'hiver et d'été; après cette opération, suivie du broyage et du passage au séparateur magnétique, ils ont pris une couleur gris clair et conviennent à la fabrication d'agglomérés de ciment ou d'agglomérés de chaux de très bonne qualité.

Les résidus traités au tamis à mailles de 20 à 22^{mm} contiennent de la poussière, des cendres fines et des morceaux de déchets divers; en les passant à un tamis à mailles de 5^{mm} on recueille 60 pour 100 de cendres pauvres en combustible et 40 pour 100 de matières plus riches, contenant jusqu'à 60 pour 100 de combustible, qui pourraient brûler sur les grilles des foyers.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Adsorption du fer par le bioxyde de manganèse. Déplacement de l'équilibre.* Note de M. **Geloso**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Le bioxyde de manganèse est précipité à l'ébullition et pendant 10 minutes par du persulfate d'ammoniaque, à partir de sulfate manganeux.

Après addition de fer (alun ammoniacal), le tout est placé dans un thermostat et le fer entraîné dans le précipité est dosé par le cupferron. L'équilibre est plus ou moins long à s'établir, suivant la température et la concentration.

Variation de l'adsorption avec le temps :

Température : 75°. Solution initiale { Mn : n' = 10,604 mol-mg par litre. ; SO^4H^2 141,9 »

Fe ajouté à la solution mol-mg par litre.								Moyenne à l'équilibre n.
	t	3^h	5^h	6^{h}30^m	49^h	160^h		
2,56	n_1	0,47	0,63	0,66	0,72	0,70		0,71
	t	2^h	3^{h}30^m	6^h	48^h	70^h	84^h	
5,12	n_1	0,61	0,69	0,72	0,78	0,86	0,88	0,87
	t	7^h	9^{h}30^m	74^h	120^h	150^h		
10,25	n_1	0,78	0,76	0,93	1,01	1,00		1,01
	t	48^h	71^h	124^h	160^h	244^h		
25,62	n_1	1,11	1,15	1,24	1,23	1,08		1,24

t = durée de l'essai; n_1 = Fe adsorbé.

Isothermes d'adsorption. — Les résultats obtenus à différentes températures sont résumés dans le Tableau suivant. On y désigne par C la concentration en mol-mg par litre du fer restant en solution une fois l'équilibre atteint, par γ la concentration millimoléculaire du fer adsorbé par mol-mg de la phase solide totale : $\gamma = \frac{n}{n+n'}$.

	75°.				61°.			
C	1,85	4,25	9,24	24,38	1,94	4,41	11,98	24,64
γ	0,062	0,076	0,086	0,103	0,055	0,063	0,074	0,085

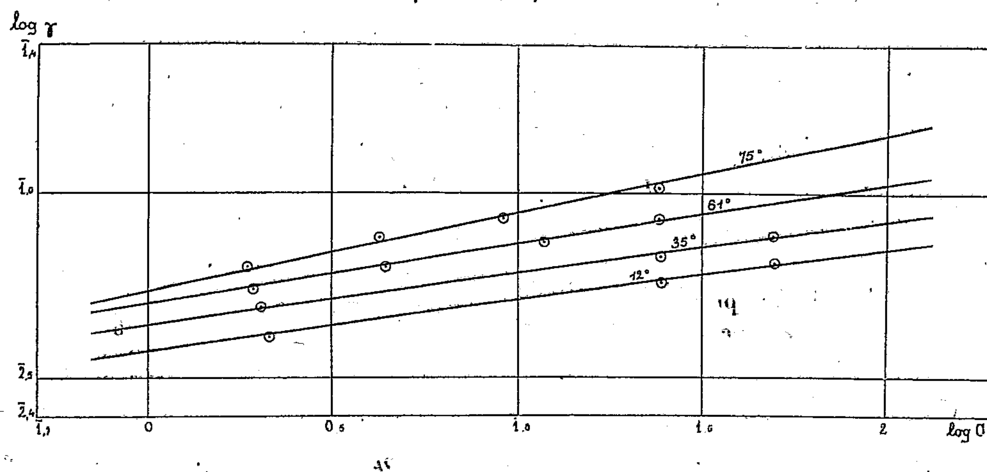
	35°.			12°.		
C	2,02	24,86	50,25	2,11	24,97	50,38
γ	0,049	0,067	0,078	0,040	0,058	0,065

Les isothermes d'adsorption obéissent à la formule empirique de Freündlich : $\gamma = KC^m$. Leur étude conduit aux expressions suivantes :

$$\gamma_{75} = 0,054\,C^{0,22}, \quad \gamma_{61} = 0,050\,C^{0,16}, \quad \gamma_{35} = 0,044\,C^{0,14}, \quad \gamma_{12} = 0,037\,C^{0,135}.$$

Dans les mêmes conditions mais à l'ébullition, on avait trouvé (¹)

$$\gamma_{100} = 0,057\,C^{0,31}.$$



L'exposant diminue mais ne tend pas vers zéro. En aucun cas l'adsorption n'est donc indépendante de la concentration. Cette concentration une fois fixée, une tension d'adsorption correspond à chaque température, indiquant que le système, univariant, ne conduit pas à des combinaisons.

(¹) M. Geloso, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1884.

Enfin, l'élévation de la température favorisant la condensation du fer, ce phénomène est endothermique.

Modification du pouvoir adsorbant du précipité par traitement thermique. — Une digestion prolongée du précipité, avant introduction du fer, modifie profondément la grandeur du phénomène. L'adsorption varie donc avec l'état d'agglomération de la phase solide.

Nous extrayons, à titre d'exemple, les chiffres suivants :

Digestion du précipité à l'ébullition.

Durée de digestion.......	$0^h 10^m$	$0^h 10^m + 0^h 35^m$	$0^h 10^m + 2^h 5^m$	$0^h 10^m + 5^h 50^m$
Fe adsorbé à l'ébullition (mol-mg par litre).....	1,0	0,77	0,63	0,31

Par contre, si on laisse le précipité digérer à 75°, aucune modification sensible n'est apportée dans l'adsorption à ébullition.

Un phénomène analogue ayant été observé dans l'adsorption des gaz par un solide pulvérulent (¹), on peut en déduire les règles suivantes :

a. L'adsorption à une température t est diminuée par digestion de l'adsorbant à une température $\theta \geq t$.

b. Pour une même température de digestion θ, la diminution d'adsorption est accentuée par la durée de traitement, sans que le phénomène semble pouvoir s'annuler.

Influence de la quantité de réactif précipitant. — La quantité de réactif précipitant, qui agit directement sur la grosseur des grains du précipité a, corrélativement, une influence notable sur l'adsorption

Fe *ajouté à la solution* : 5,15 mol-mg par litre.

Réactif précipitant (grammes par litre de réactif pur)..........	14	20	30	37,5	50
Adsorbé à ébullition (après $3^h 30^m$).	0,38	0,46	0,71	0,82	1,02

(¹) M. Guichard, *Sur l'adsorption dans ses rapports avec la catalyse* (*Bull. Soc. Chim.*, t. 33-34, 1922, p. 647).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectre d'absorption ultraviolet de la vapeur de naphtalène. Activation et structure de la molécule.* Note de MM. **Victor Henri** et **Henry de László**, transmise par M. G. Urbain.

La vapeur de naphtalène, examinée sous épaisseur de 30^{cm} à des pressions variant depuis $0^{mm},054$ jusqu'à 121^{mm}, présente un spectre d'absorption composé d'un très grand nombre de bandes.

Tant que la pression ne dépasse pas $0^{mm},22$, on obtient une série de 11 bandes étroites ayant leur maxima pour $\lambda = 2784$, 2778, 2750, 2740, 2710, 2680, 2644, 2636, 2613, 2590 et 2560 Å. Ces bandes ont une largeur de 5 15 Å, elles ont des bords flous et sont parfaitement continues, ne présentant aucune structure fine.

Lorsque la tension de vapeur est supérieure à $0^{mm},22$, on obtient de nouvelles séries de bandes, leur nombre augmente avec la pression, elles sont situées entre 2820 et 3200 Å; ces bandes sont distribuées par séries, elles sont très fines. Nous en avons mesuré plus de 400. On peut distinguer 18 séries différentes, les têtes de ces séries sont situées du côté ultraviolet et elles sont dégradées vers le rouge. Chaque série se compose d'une vingtaine de bandes ou raies très fines distantes environ de 0,3 à 0,4 Å les unes des autres et présentant des intensités différentes, donnant souvent l'aspect de séries de doublets très rapprochés.

L'étude de la distribution des bandes fines a montré qu'elle peut être représentée par la formule suivante :

$$\frac{1}{\lambda} = 32455,4 + n.474,4 + p.203,4 + g.62,7 + \mathrm{R}(m) + \mathrm{P}(m) + \mathrm{Q}(m),$$

n ayant les valeurs -2, -1, 0, $+1$, $+2$; $p = -4$ jusqu'à $+4$ et $q = -7$ jusqu'à $+2$.

Cette formule contient trois fréquences fondamentales : $\alpha = 474,4$, $\beta = 203,4$ et $\gamma = 62,7\,\mathrm{cm}^{-1}$ qui correspondent aux fréquences de vibration des différents groupes d'atomes qui forment la molécule de naphtalène.

Il est intéressant de remarquer que la fréquence $\alpha = 474,4$ est environ deux fois plus petite que la fréquence correspondante dans le benzène et ses dérivés; nous avions, en effet, trouvé pour le benzène $\alpha = 921,4$, pour le toluène $\alpha = 932,5$ et pour le chlorure de benzène $\alpha = 963,7$.

La structure fine des bandes de la vapeur de naphtalène produite par la

rotation de la molécule est représentée par la somme des trois termes ou branches de paraboles R(m), P(m) et Q(m) qui ont pour expression théorique :

$$R(m) = \frac{h}{8\pi^2 c}\left[\frac{1}{\mathfrak{I}_1} - \frac{2m}{\mathfrak{I}_1} + m^2\left(\frac{1}{\mathfrak{I}_1} - \frac{1}{\mathfrak{I}_0}\right)\right],$$

$$P(m) = \frac{h}{8\pi^2 c}\left[-\frac{1}{\mathfrak{I}_0} + \frac{2m}{\mathfrak{I}_0} + m^2\left(\frac{1}{\mathfrak{I}_1} - \frac{1}{\mathfrak{I}_0}\right)\right],$$

$$Q(m) = \frac{m^2 h}{8\pi^2 c}\left(\frac{1}{\mathfrak{I}_1} - \frac{1}{\mathfrak{I}_0}\right),$$

où m est la série des nombres entiers positifs, $c = 3.10^{10}$, $h = 6{,}55.10^{-27}$, $\mathfrak{I}_0$ et $\mathfrak{I}_1$ sont les moments d'inertie de la molécule normale et de la molécule de naphtalène activée.

La structure fine est très exactement représentée, tant au point de vue de la position qu'à celui des intensités, par les formules précédentes dans lesquelles on pose

$$\frac{h}{8\pi^2 c \mathfrak{I}_0} = 8 \quad \text{et} \quad \frac{h}{8\pi^2 c \mathfrak{I}_1} = 5.$$

Le tableau suivant contient à titre d'exemples les positions des raies fines observées et calculées pour la bande

$$\lambda = 3179{,}09\,\text{Å. int. var.}\ \frac{1}{\lambda} = 31455{,}5\ \text{cm}^{-1}.$$

Série.	Obs.	Calc.	Série.	Obs.	Calc.
R(2)...	31467,4	67,5	P(2)...	31428,8	28,5
R(1)....	60,7	60,5	R(7)....	11,8	12,5
Q(0)...	55,5	55,5	P(3)....	03,2	03,5
Q(1)....	-	52,5	R(9)....	65,4	65,5
P(1)....	48,4	47,5	R(10)...	45,4	45,5
Q(2)...	41,3	43,5	P(5)....	34,8	35,5
R(6)...	36,4	35,5	R(11)...	23,8	23,5

On déduit des valeurs précédentes pour le moment d'inertie de la molécule normale $\mathfrak{I}_0 = 3{,}55.10^{-40}$ et pour celui de la molécule activée $\mathfrak{I}_1 = 5{,}5.10^{-40}$. Le moment d'inertie de la molécule de naphtalène change donc fortement lors de l'activation par des rayons compris entre 3200 et 2820 Å, par conséquent la configuration des atomes dans cette molécule change beaucoup pendant l'activation.

Le fait que l'aspect du spectre change brusquement pour $\lambda < 2820$, la structure fine des bandes disparaissant pour des fréquences plus grandes, signifie que lorsque l'énergie interne de la molécule de naphtalène augmente

d'une valeur supérieure à 101000 cal : mol-g (en effet

$$\frac{2,85}{\lambda} = \frac{2,85}{2820.10^{-8}} = 101000\Big),$$

les électrons qui établissent les liaisons entre les atomes ou groupes d'atomes passent sur des orbites éloignées, d'où un relâchement de ces liaisons. Ce n'est que pour une augmentation d'énergie interne bien plus grande, égale environ à 230000 cal : mol-g que l'on obtient une expulsion complète d'un électron (en effet le potentiel d'ionisation est égal environ à 10 volts).

Cette transformation interne de la molécule qui apparaît brusquement pour une limite bien déterminée, à laquelle correspond un changement brusque dans la structure du spectre d'absorption est un phénomène général trouvé par l'un de nous pour toute une série de corps les plus différents.

La valeur du moment d'inertie de la molécule de naphtalène que nous avons obtenue par l'étude du spectre de la vapeur est très faible. Ceci signifie que les atomes de carbone sont très rapprochés dans la molécule; leur distance est bien inférieure à celle des atomes de carbone dans les cristaux de diamant et du graphite (1,54 et 1,46 Å). Ce résultat est conforme à la représentation d'après laquelle la liaison des atomes dans une molécule est produite par des électrons de valence qui gravitent sur des orbites symétriques en englobant les deux atomes. La sphère qui enveloppe les orbites des quatre électrons de valence du carbone a pour diamètre 1,32 Å, tandis que le diamètre des orbites des deux électrons internes est égal à 0,18 Å. La distance entre les carbones dans une molécule peut donc être comprise entre 1,32 et 0,18 Å. Suivant le modèle spécial que l'on adoptera pour la molécule de naphtalène on pourra, à partir de la valeur du moment d'inertie, calculer les distances entre les atomes de carbone dans cette molécule.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Recherche de l'alcool méthylique en présence d'alcool éthylique*. Note de MM. **A. Kling** et **A. Lassieur**, présentée par M. A. Haller.

Nous avons décrit précédemment [1] un procédé de dosage de l'alcool méthylique dans les alcools dénaturés, application directe de la réaction de Denigès pour la recherche de l'alcool méthylique par oxydation permanga-

---

[1] *Chimie et Industrie*, vol. 10, 1923, p. 44.

nique et action de la formaldéhyde produite sur le réactif de Schiff. La technique de l'essai est la suivante :

Réactifs : A. Solution de permanganate de potasse à 2,5 pour 100; B. Acide sulfurique en solution aqueuse à 50 pour 100; C. Solution saturée froide d'acide oxalique; D. Fuchsine bisulfitique préparée comme suit : Ajouter à 1^l de solution de fuchsine à $\frac{1}{1000}$, 20^{cm^3} de bisulfite de soude à 36°B. Après 10 minutes de contact, verser dans le mélange 20^{cm^3} d'acide chlorhydrique (D. 1, 19). Pour l'usage, attendre la décoloration complète.

Mode opératoire. — Prendre 1^{cm^3} de l'alcool à essayer, étendre à 100^{cm^3} avec de l'eau; prélever 2^{cm^3} de cette dilution qu'on verse dans un tube à essais. Ajouter 2^{cm^3} de solution de permanganate et $0^{cm^3},4$ d'acide sulfurique à 50 pour 100. Attendre 3 minutes. Au bout de ce temps, détruire l'excès de permanganate au moyen de 1^{cm^3} d'acide oxalique. Ajouter 1^{cm^3} d'acide sulfurique à 50 pour 100, puis dès que la décoloration est obtenue, 5^{cm^3} de réactif de Schiff. En présence d'alcool méthylique, on observe une coloration violette, se produisant peu à peu, son intensité définitive n'étant obtenue qu'au bout d'un certain temps : une heure et même davantage. Comparer la teinte à celles fournies par des types préparés à partir de solutions d'alcool méthylique dans l'alcool éthylique.

Nous ferons les remarques suivantes :

1° L'alcool éthylique pur ne fournit aucune coloration dans les conditions de l'essai;

2° Un alcool éthylique renfermant 1 pour 100 d'alcool méthylique donne une coloration violette nette, qui peut être considérée comme correspondant à la limite de sensibilité de la méthode;

3° Un alcool éthylique renfermant 3 pour 100 d'alcool méthylique donne une coloration très intense. Une teinte plus accusée ne permet plus les comparaisons colorimétriques;

4° Si pour augmenter la sensibilité de la méthode, on augmente la concentration de la dilution aqueuse primitive, par exemple si au lieu d'utiliser une solution de l'alcool à 1 pour 100 dans l'eau on en prend une solution à 5 ou 10 pour 100 : l'alcool éthylique lui-même fournit une coloration et la réaction cesse d'être caractéristique de l'alcool méthylique.

Simmonds [1] et G.-C Jones [2] ont recherché les conditions à réaliser pour donner à la réaction de Denigès sa sensibilité maximum. Des essais,

---

(1) *Analyst*, t. 37, 1912, p. 16.
(2) *Ibid.*, t. 40, 1915, p. 218.

effectués suivant les prescriptions de Simmonds, nous ont montré que l'alcool éthylique pur fournit lui-même une coloration.

Il résulte de ce qui précède que la réaction de Denigès ne peut déceler avec sûreté dans l'alcool éthylique une quantité d'alcool méthylique inférieure à 1 pour 100.

D'autres méthodes ont été décrites pour la recherche de traces d'alcool méthylique dans l'alcool éthylique. Toutes ces méthodes reposent sur l'identification de la formaldéhyde produite par oxydation de l'alcool méthylique. Nous résumerons les résultats fournis par nos essais.

Méthode à la morphine. — Cette méthode de recherche est basée sur la production d'une coloration violette par réaction de la formaldéhyde sur la morphine en solution sulfurique.

La coloration n'est malheureusement pas spécifique.

Méthode à l'apomorphine. — Nous ferons la même observation que pour la méthode précédente.

Méthode au gaïacol. — B. Pfyl, G. Reis et A. Hanner [1] ont indiqué que le formol donnait, avec le gaïacol en solution sulfurique, une coloration rose ou rouge. Le réactif est une solution de gaïacol à 0,2 pour 100 dans l'acide sulfurique. Pour effectuer la recherche nous introduisons dans un tube à essais 2^{cm^3} de réactif et 1^{cm^3} du liquide à examiner ; on observe les colorations suivantes (le liquide en expérience est formé par une solution titrée de formol dans l'alcool éthylique) :

Formaldéhyde employée dans l'essai.	Coloration.
mg 1	bordeaux très foncé.
0,5	» intense.
0,1	» clair.
0,01	rien.

L'alcool méthylique pur du commerce à 99° renferme suffisamment de formol pour qu'on obtienne sans oxydation une réaction positive avec une solution d'alcool méthylique à 0,5 pour 100 dans l'alcool éthylique. Cette réaction paraît spécifique.

Méthode à l'acide gallique: Les auteurs cités plus haut ont substitué l'acide gallique au gaïacol, toutes choses égales d'ailleurs. On observe d'après eux une coloration verte caractéristique de la présence de formol. A la vérité, la réaction n'est pas simple et l'on observe les colorations suivantes en fonction de la quantité de formol présent :

(1) *Arb. Reichsgesundheits*, t. 53, 1922, p. 169.

Formaldéhyde employée dans l'essai.	Coloration :
mg 1	immédiate, vert intense, vire au jaune en 1 ou 2 minutes.
0,5	immédiate, vert intense, vire au jaune verdâtre en 1 ou 2 minutes.
0,1	immédiate, beau vert intense.
0,01	immédiate, vert clair, vire au bleu d'azur.
0,001	non immédiate; au bout de quelques minutes, développement d'une teinte bleu pâle, très nette.
0,0001	rien.

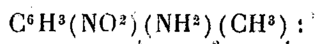
Des quantités de formol supérieures à 1mg ne donnent qu'une coloration jaune. Celle-ci est d'ailleurs obtenue avec une foule de substances et notamment avec les aldéhydes homologues et les alcools. Seules la coloration verte et la coloration bleue sont caractéristiques et ne se produisent qu'avec de très petites quantités de formaldéhyde.

Les trois réactions examinées sont dues au formol et non directement à l'alcool méthylique. Pour que la recherche de ce dernier soit certaine, il faudrait opérer sur un liquide débarrassé de formol et ne pouvant fournir cette aldéhyde par oxydation qu'aux dépens de l'alcool méthylique. Ce dernier point ne peut être fixé avec certitude qu'à condition de connaître la composition du milieu examiné. Pour ce qui est du premier point nous n'avons pu obtenir d'alcool méthylique fournissant une réaction négative avec le réactif gallique, même quand l'alcool méthylique est en solution à 1 pour 100 dans l'alcool éthylique. On observe toujours une coloration bleue. Pour la recherche, au moyen du réactif de Schiff, on peut obtenir un alcool méthylique pur sans action sur ce dernier. Il suffit de faire digérer l'alcool avec du bisulfite de soude et de distiller, l'alcool obtenu ne donne aucune coloration. Si donc après oxydation le réactif de Schiff donne une coloration, celle-ci sera bien due au formol fourni par l'alcool méthylique et non à la formaldéhyde préexistante. Nous exposerons prochainement dans un autre Recueil, le détail de nos recherches et nous montrerons le parti que le chimiste peut tirer de ces trois intéressantes réactions.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouvel acide salicylique iodé.* Note [1] de MM. P. **Brenans** et C. **Prost**.

Dans une précédente Communication [2], nous avons étudié les acides salicyliques iodés $C^6H^3\underset{3}{I}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$ et 1.2.3; la présente Note a pour objet de faire connaître l'isomère 1.2.4.

Nous l'avons obtenu en partant de la nitrotoluidine :



son dérivé acétylé a été transformé par oxydation en dérivé acétylé de l'acide nitroanthanilique $C^6H^3\underset{4}{(NO^2)}\underset{2}{(NHCOCH^3)}\underset{1}{(COOH)}$, l'acide nitroanthanilique $C^6H^3\underset{4}{(NO^2)}\underset{2}{(NH^2)}\underset{1}{(COOH)}$ obtenu par désacétylation du précédent a été diazoté et le sulfate du diazoïque, décomposé en solution aqueuse, nous a fourni l'acide nitrosalicylique $C^6H^3\underset{4}{(NO^2)}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$, dont éther éthylique $C^6H^3\underset{4}{(NO^2)}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOC^2H^5)}$ réduit a conduit à l'aminosalicylate d'éthyle $C^6H^3\underset{4}{(NH^2)}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOC^2H^5)}$. Le sulfate du diazoïque de cette base, décomposé par l'acide iodhydrique, nous a fourni l'éther éthylique de l'acide salicylique iodé $C^6H^3\underset{4}{I}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOC^2H^5)}$, qui saponifié a abouti à l'acide iodé $C^6H^3\underset{4}{I}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$.

Nous indiquerons les circonstances dans lesquelles ces réactions ont été effectuées et les propriétés des corps nouveaux.

L'orthotoluïdine nitré et son dérivé acétylé ont été préparés d'après les indications de E. Nölting et A. Collin [3].

L'oxydation du dérivé acétylé a été faite en solution aqueuse par la méthode au permanganate de potassium de MM. Ullmann et J. Uzbachian [4]. H. Kondo et T. Nakajima [5] ont montré que, dans cette réaction, il n'y avait pas migration du groupement NO^2 de la position 4 en

---

(1) Séance du 10 mars 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1626.

(3) E. Nölting et A. Collin, *Berichte*, t. 17, 1884, p. 268.

(4) Ullmann et J. Uzbachian, *Berichte*, t. 36, 1903, p. 1801.

(5) H. Kondo et T. Nakajima, *J. Pharm. Soc. Japon*, n° 483, 1922, p. 355.

position 5 comme l'avaient cru Ullmann et J. Uzbachian et que le composé obtenu était bien $C^6H^3(NO^2)_4(NHCOCH^3)_2(COOH)_1$.

La saponification de ce dérivé acétylé a été effectué comme l'ont indiqué ces chimistes (*loc. cit.*).

Acide nitrosalicylique $C^6H^3(NO^2)_4(OH)_2(COOH)_1$. — L'acide nitroanthranilique a été diazoté ainsi : on dissout 10g du composé dans un léger excès de soude étendue, on dilue à 1 litre afin de maintenir en solution le nitroanthranilate de soude qui précipite en solution concentrée. On refroidit à 0° la liqueur, on y ajoute en agitant une solution de 4g,20 de nitrite de soude dans 30cm³ d'eau, puis peu à peu, en maintenant la température vers 0°, la quantité d'acide sulfurique dilué nécessaire pour libérer l'acide nitroanthranilique à l'état très divisé. On ajoute de plus au mélange goutte à goutte 10g d'acide sulfurique pur, préalablement dilué. La diazotation terminée, on filtre la solution qui est presque complète, on la chauffe progressivement à 90°-95°; le dégagement d'azote se produit vers 60°-70°; on termine la réaction en portant la liqueur jaune à l'ébullition.

En refroidissant, la solution abandonne un produit rougeâtre, pulvérulent. Le rendement est de 5g environ. On distille de moitié dans le vide les eaux mères; elles donnent encore 1g de produit; concentrées davantage, elles fournissent du métanitrophénol.

Pour purifier l'acide nitrosalicylique, on le transforme en sel de baryum qui cristallise en aiguilles vieux rose, puis on décompose le sel en solution aqueuse par l'acide chlorhydrique. L'acide pur est jaune pâle; il fond à 232-233°, puis se décompose quelques degrés plus haut. Insoluble dans l'eau, peu soluble dans le chloroforme et le benzène, il est très soluble dans l'alcool. Cet isomère a été préparé par Ullmann et Wagner (1), par Borsche (2) et par Kondo et T. Nakajima (*loc. cit.*).

Aminosalicylate d'éthyle $C^6H^3(NH^2)_4(OH)_2(COOC^2H^5)_1$. — Nous n'avons pas pu réduire par les agents usuels de réduction l'acide nitrosalicylique; dans nos essais de réduction il s'est formé l'aminophénol $C^6H^4(NH^2)_3(OH)_1$, par suite du départ du caboxyle.

La réduction du nitrosalicylate d'éthyle $C^6H^3(NO^2)_4(OH)_2(COOC^2H^5)_1$ préparé d'après le procédé de Borsche (*loc. cit.*) a été facile. A une dissolution de 60g de protochlorure d'étain dans 120g d'alcool renfermant 5cm³ d'acide chlorhydrique, on ajoute peu à peu 17g,6 du dérivé nitré; on amorce la réaction en chauffant et, dès lors, elle se poursuit et il y a échauffement de la liqueur. La réduction terminée, on distille

(1) Ullmann et Wagner, *Liebigs Ann.*, t. 355, 1907, p. 361.
(2) Borsche, *Liebigs Ann.*, t. 390, 1912, p. 18.

l'alcool, on ajoute au résidu 50^{cm^3} d'acide chlorydrique. On sépare le sel double formé et l'on précipite l'étain de sa solution aqueuse par l'hydrogène sulfuré. En distillant dans le vide la dissolution séparée du sulfure d'étain, on obtient le chlorhydrate $C^6H^3\underset{4}{(NH^2HCl)}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOC^2H^5)}$, à l'état pur en fines aiguilles blanches, fondant à 186°-188° en se décomposant.

Le sulfate cristallise en aiguilles blanches qui se décomposent vers 197°.

La base cristallise dans l'alcool ou le benzène en prismes incolores fusibles à 115°.

Iodosalicylate d'éthyle $C^6H^3\underset{4}{I}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOC^2H^5)}$. — On dissout $8^g,7$ du chlorhydrate $C^6H^3\underset{4}{(NH^2HCl)}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOC^2H^5)}$, dans 150^{cm^3} d'eau chaude; on ajoute à la liqueur en agitant 14^g d'acide sulfurique pur; par refroidissement du mélange le sulfate précipite à l'état très divisé. On refroidit la bouillie cristalline à 0° et l'on y ajoute lentement une solution de 3^g de nitrite de soude dans 20^{cm^3} d'eau. La diazotation terminée, on introduit la solution rougeâtre du diazo dans 20^g d'acide iodhydrique refroidi. Il y a déjà vers 0° une vive réaction et apparition d'une huile colorée. On achève la réaction en chauffant la liqueur progressivement à 90°. On décolore le mélange refroidi avec du gaz sulfureux, et l'on distille l'huile séparée dans un courant de vapeur d'eau. On obtient un produit huileux, d'odeur aromatique, incolore qui cristallise par le froid en aiguilles fusibles à 21°.

Acide salicylique iodé $C^6H^3\underset{4}{I}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$. — A une dissolution de $5^g,8$ d'iodosalicylate d'éthyle dans 70^g d'alcool on ajoute 8^{cm^3} de soude renfermant $1^g,3$ d'alcali et l'on maintient la liqueur à l'ébullition pendant 2 heures. On distille l'alcool, on ajoute à la solution un léger excès d'acide sulfurique dilué qui précipite l'acide salicylique iodé. Il cristallise dans l'alcool en aiguilles incolores, fusibles à 228° en se décomposant et brunissant déjà à partir de 200°.

Éther acétique $C^6H^3\underset{4}{I}\underset{2}{(OCOCH^3)}\underset{1}{(COOH)}$. — Petits cristaux blancs, fusibles à 156°, très solubles dans l'alcool, moins dans le chloroforme et le benzène.

GÉOLOGIE. — *Sur quelques faits nouveaux relatifs aux terrains jurassiques et crétacés de l'Ouest de Madagascar.* Note de MM. **Léon Bertrand** et **Léonce Joleaud**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans cette Note nous avons seulement en vue de situer, dans le cadre des données importantes déjà publiées sur les terrains jurassiques et crétacés de l'Ouest de Madagascar, les faits nouveaux recueillis au cours d'une exploration dont le but limitait forcément le champ d'observations.

Une coupe relevée entre Antsalova et Tsiandro nous a présenté la succession ci-après :

15. Tufs basaltiques du mont Bepea.
14. Grès, sables, conglomérats rouges ou jaunes.

13. Marnes grises, avec calcaires marneux blanchâtres, très fossilifères à Anjiabe, Betanana : *Duvalia ensifer* Oppel, *Duv. tithonica* Oppel, *Belemnopsis* cf. *semisulcatus* Münster, *Phylloceras zignodianum* Orb. (3 individus), *Lissoceras elimatum* Oppel (assez com.). *Perisphinctes* (*Virgatosphinctes*) *denseplicatus* Waagen (très com.), *P.* (*V.*) *frequens* Oppel (r), *Per.* (*Aulacosphinctes*) *pseudocolubrinus* Kilian.

12. Grès et sables rouges (30^{m}).

11. Marnes sans intercalations calcaires à Bélemnites et *Perisphinctes* (175^{m}).

10. Calcaires oolithiques à Polypiers (100^{m}, à l'orée ouest de la forêt d'Antsingy).

9. Calcaires à grain très fin, sublithographiques, un peu argileux.

8. Marnes avec bancs de calcaires noduleux : *Pecten*, Polypiers, etc.

7. Calcaires dolomitiques en bancs de moyenne épaisseur.

6. Calcaires en dalles, à grain fin, formant un causse à l'Est de la forêt d'Antsingy.

5. Marnes.

4. Calcaires très dolomitiques à *Pecten* (assises formant la crête du Bemaraha).

3. Arkose formant localement la base de la série liasique.

2. Marnes bariolées du Trias supérieur.

1. Grès triasiques.

La série à partir de 3 présente une continuité apparente absolue, jusqu'à une légère discordance des couches 14 et 15 sur les précédentes.

L'arkose 3, très peu épaisse et se liant aux couches qui la surmontent, indique l'indépendance stratigraphique de l'ensemble jurassique 4-13 sur les couches triasiques 1-2; cette assise correspond au Lias inférieur.

Les calcaires dolomitiques 4, qui ont le faciès du Lias moyen de beaucoup de régions géosynclinales d'Europe, sont bien développés vers Tsiandro, où ils sont percés de nombreuses grottes.

Les marnes 5 sont très fossilifères dans l'Ankarakeny, au nord de Kandreho, où elles renferment à côté de nombreux Lamellibranches (*Pholadomya* cf. *ovulum* Ag., *Trigonia tenuiscostata* Lycett, *Pecten ambongoensis* Thévenin), des Brachiopodes (*Spiriferina rostrata* Schloth., *Terebratula copiapensis* Möricke), des Ammonites (*Bouleiceras nitescens* Thev. type et plusieurs variétés, encore ornées de fortes côtes et de tubercules très aigus assez tard au cours de leur développement individuel; *Grammoceras* cf. *crassifalcatum* Dum.) Cet horizon fossilifère correspond, d'après ce dernier fossile, au Toarcien, base du Lias supérieur, qui est directement transgressif sur le Trias au nord de Kandreho. La formation à *Bouleiceras* paraît être un dépôt plutôt littoral : les Polypiers vivant en colonie y sont nombreux; une Ammonite de 30^{cm} de diamètre, à ligne de suture non visible et à fortes côtes rappelant celles des *Ceratites* groupe *nodosus*, a son test couvert d'Huîtres et de Serpules, comme une coquille flottée.

Au voisinage de Kandreho, les calcaires 6, qui atteignent 120-140^{m}

d'épaisseur, offrent, vers leur base, des intercalations de schistes bitumineux (Analamavo). Nous y avons trouvé *Ceromya* cf. *concentrica* Sow., *Gryphœa* cf. *sublobata* Desl. Ces calcaires 6, de même que les calcaires 7 qui se lient intimement à eux, semblent bien être la continuation vers le Sud de ceux qui ont fourni à J. Colcanap, vers le sommet du causse de l'Ikahavo, *Sonninia* cf. *decora* Buckm., Ammonite de l'extrême base du Bajocien anglais. Il est difficile de dire si les marnes 8 sont encore bajociennes ou déjà bathoniennes; ce dernier âge doit sans doute être attribué aux calcaires 10, riches en Polypiers, Nérinées et autres organismes néritiques dont M. H. Douvillé a déjà donné la liste. Les calcaires de l'Oolithique inférieur sont tout à fait indépendants de ceux du Lias et reposent, entre Ampandrana et le col d'Ambakaka, directement sur le Trias. Le fait de cette lacune stratigraphique est à rapprocher du développement d'un facies laguno-marin, dans les terrains du même âge vers Analalava et Majunga : une tendance à l'émersion se manifestait alors dans l'ouest de Madagascar.

Les marnes 11 de la coupe d'Antsalova à Tsiandro, qui sont en continuité avec les calcaires 10, se rattachent sans doute au Callovien et à l'Oxfordien. Des fossiles de ces étages ont déjà été signalés en plusieurs points de la région du cap Saint-André. Le Callovien et les termes plus récents de la série Oolithique sont indépendants des étages plus anciens du Jurassique dans les environs de Maevatanana, d'après J. Colcanap. Cette nouvelle discontinuité stratigraphique correspond à un important changement de milieu. Si les épaisseurs considérables reconnues pour le Trias (plus de 1000^{m}) et pour le Lias-Bathonien (plus de 300^{m}) se lient à l'existence d'un géosynclinal en voie de constant affaissement, le facies de ces terrains ne révèle qu'un puissant ensemble néritique ou même parfois laguno-marin. Au contraire, à partir du Callovien, l'Ouest de Madagascar est occupé par une mer bathyale.

On peut faire débuter l'Oolithique moyen, dans la coupe d'Antsalova à Tsiandro, avec les grès et sables rouges 12. Les marnes 13 appartiennent peut-être encore en partie au même système; par leur principal niveau fossilifère qui se rattache à l'Oolithique supérieur, elles rappellent les *Spiti shales* des chaînes centrales de l'Himalaya. Comme ces formations de l'Inde, elles sont remarquables par la fréquence et le polymorphisme des *Perisphinctes* des groupes *Aulacosphinctes* et surtout *Virgatosphinctes;* cependant la fréquence des Bélemnites des genres *Duvalia* et *Belemnopsis* leur confère des analogies avec le Tithonique d'Europe. Le caractère profond est indiqué par la présence de *Phylloceras*, plutôt rare d'ailleurs; le facies lithologique rappelle assez souvent celui du flysch; on y voit aussi des couches très

riches à glauconie. Nous n'avons pas rencontré d'Ammonites du Lusitanien et du Kimeridgien au cours de notre exploration, mais J. Colcanap, Mouneyres et Baron en ont recueilli dans diverses localités.

L'absence du Crétacé inférieur dans la région que nous avons étudiée paraît due à l'abrasion considérable qui a précédé le dépôt des grès et des tufs basaltiques du Cénomanien. Dans cet ensemble stratigraphique, les conglomérats et grès dominent vers la base, les tufs et subsidiairement les coulées basaltiques vers le sommet; toutefois, il y a souvent alternance entre ces différents types de roches ; dans la région d'Ampandrana à Berevo, où les coulées basaltiques font presque complètement défaut, les tufs deviennent des cinérites et passent finalement vers la base à des marnes.

Le complexe gréso-basaltique, dont l'épaisseur totale est peut-être de 300^{m}, arrive à reposer directement sur le Trias à Ampandrana, après s'être avancé transgressivement sur les différents termes du Jurassique. Nous l'avons retrouvé au nord de Kandreho, à Kasoa, immédiatement sur l'Oolithique inférieur. A cet ensemble, habituellement figuré sur les cartes comme roche éruptive, paraissent se lier, vers le haut, les grès, sables et argiles à Dinosauriens de la région de Majunga (Mevarano), que l'on rattache au Turonien, et qui correspondent peut-être aussi au Coniacien, au Santonien et au Campanien. D'après les observations de M. H. Perrier de la Bathie, la masse principale des basaltes repose sur l'Albien fossilifère et est surmontée par les couches à Dinosauriens; toutefois l'émission des laves a persisté après le début du dépôt des assises à ossements de Reptiles, que couronnent les calcaires du Maestrichtien à *Ostrea vesicularis* Lamark.

GÉOLOGIE. — *Relations entre les massifs du Mont Blanc et des Aiguilles Rouges*. Note de MM. **Paul Corbin** et **Nicolas Oulianoff**, présentée par M. Émile Haug.

Dans la région où se touchent la France, la Suisse et l'Italie, existe une zone intéressante, composée de trois parties : de deux massifs et d'une dépression. L'un de ces massifs est celui du Mont Blanc, l'autre celui des Aiguilles Rouges. Un alignement de vallées et de cols sépare les deux massifs, qui sont ainsi délimités morphologiquement. Mieux que nulle part ailleurs, la morphologie de cette région est fonction de la structure géologique. Les deux massifs sont cristallins, tandis que la dépression, le synclinal

complexe de Chamonix, est une zone sédimentaire (du Trias au Nummulitique [1]).

La direction de la zone de Chamonix est sensiblement NE-SW. Les deux massifs cristallins sont allongés suivant la même direction. Ce parallélisme géométrique est si manifeste que l'habitude s'est établie, dans la littérature géologique, de traiter le Mont Blanc et les Aiguilles Rouges comme deux unités géologiques tout à fait séparées et tout à fait différentes l'une de l'autre.

Notre lever de la carte géologique de la région française des deux massifs sur la base topographique du 20000e (en courbes de niveau) nous a obligés à reprendre en détail l'étude des relations des différentes roches de la région. Nous avons déjà publié quelques-uns des résultats acquis [2] touchant principalement le massif des Aiguilles Rouges. Nous avons démontré, entre autres, que ce massif a été violemment plissé à l'époque antéstéphanienne. Quelque compliqués que soient ces plissements, les principaux synclinaux et anticlinaux apparaissent liés à certaines zones, ayant chacune un caractère pétrographique défini.

Ces zones s'étendent suivant les axes des plis et peuvent être suivies parfois sur des distances de plusieurs kilomètres. Leur succession dans la direction perpendiculaire à l'axe du plissement permet de les grouper en complexes naturels déterminés par l'action du plissement et par l'injection magmatique en relation avec ce dernier.

La carte géologique au 80000e (ainsi que la carte du massif du Mont Blanc, de Duparc et Mrazec) montre que la masse des schistes cristallins du Mont Blanc (flanc nord-ouest) n'est pas complètement homogène. Des taches de couleur verte indiquent sur ces cartes, dans les micaschistes, la présence d'amphibolite. Mais rien ne permet d'y reconnaître s'il existe ou non une certaine régularité dans les gisements de cette dernière roche.

Nos observations détaillées sur les roches cristallophylliennes du massif du Mont Blanc nous amènent à une conclusion analogue à celle que nous avons déjà exprimée relativement aux roches des Aiguilles Rouges : dans le massif du Mont Blanc, nous trouvons également une série de zones délimitées et pétrographiquement définies; et celles-ci peuvent être groupées en complexes naturels.

---

(1) M. Lugeon et N. Oulianoff, *Sur la géologie du massif de la Croix-de-Fer* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 563).

(2) P. Corbin et N. Oulianoff, *Ibid.*, t. 176, 1923, p. 171 et 1561, et *Comptes rendus du Congrès géologique international de Bruxelles*, 1922.

Quand on compare ces zones et leurs complexes dans les deux massifs cristallins, on constate une ressemblance frappante, s'étendant jusqu'aux détails.

Nous allons décrire les deux complexes qui sont les plus caractéristiques : celui que nous appellerons *complexe du Brévent*, dans le massif des Aiguilles Rouges, et celui de *Tête Rousse* (Aiguille du Goûter), dans le massif du Mont Blanc.

Voici la succession des zones dans le complexe du Brévent, en marchant de l'ouest à l'est, perpendiculairement à la direction des couches :

1° Près du col de Cormet, à l'ouest du Brévent, les micaschistes (partiellement schistes chloriteux) de l'Aiguillette du Brévent deviennent de plus en plus injectés;
2° Zone de gneiss fortement injectés, contenant souvent des filons d'aplite. Cette zone est encore caractérisée par de nombreux filons de pegmatite à tourmaline;
3° Zone d'amphibolites, en partie grenatifères;
4° Large zone de gneiss du Brévent (en partie du moins orthogneiss);
5° Zone du lac Cornu, comprenant deux (par place trois) niveaux d'amphibolite (en partie grenatifère), alternant avec des micaschistes, des gneiss et des leptynites.

Passons au complexe de Tête Rousse, en partant de la station terminus du chemin de fer du Mont Blanc (Saint-Gervais-glacier de Bionnassay) et montant vers Tête Rousse en suivant la piste qui longe le glacier :

1° Déjà avant le terminus, le phénomène de l'injection des schistes cristallins est très net. Près du terminus le sentier coupe une zone puissante de pegmatite à tourmaline;
2° Puis, toujours en montant, dans les micaschistes apparaît une zone d'amphibolites (ici assez mince, mesurant parfois 0^{m},50 seulement);
3° Plus haut l'injection granitique se manifeste par de nombreux filons aplitiques et de puissantes épaisseurs de gneiss;
4° Cette dernière zone est surmontée d'une autre renfermant deux couches d'amphibolites (en grande partie grenatifères), alternant avec des filons de pegmatite tourmalinifère.

On retrouve le même complexe dans la coupe que l'on peut observer depuis la baraque forestière des Rognes jusqu'à Tête Rousse. Ici la zone inférieure des amphibolites est mieux développée. Le complexe se continue jusqu'au glacier de la Griaz. Ces zones se continuent sur la crête et sur le flanc nord-ouest de la montagne des Faux, ainsi que sur le flanc nord-ouest de la montagne de Taconnaz et sur sa crête. La pente nord-est de la montagne de Taconnaz dominant le glacier du même nom est en grande partie inaccessible. Mais on retrouve les zones précédentes sur la montagne de la Côte. Néanmoins les solutions géologiques sont ici déjà

différentes : le métamorphisme des sédiments anciens y est moins prononcé. Les schistes cristallins sont représentés per les schistes séricitenx et par des micaschistes plutôt que par des gneiss injectés. Aussi le calcaire ancien, qui, dans les amphibolites de Tête Rousse, se rencontre rarement, parce qu'il est profondément métamorphisé, apparaît-il ici en grandes masses.

Sur la montagne de la Côte et au delà, le complexe disparaît sous le Quaternaire et sous les roches sédimentaires du synclinal complexe de Chamonix, dans lesquelles est creusée la vallée du même nom.

SPÉLÉOLOGIE. — *Sur l'abîme du Mas-Raynal (Larzac) et les rivières souterraines de la Sorgues d'Aveyron.* Note de M. **E.-A. Martel**, présentée par M. Louis Gentil.

J'ai pu faire une seconde visite à l'abîme du Mas-Raynal, sur le Larzac, du 10 au 12 août 1923.

Le 7 juillet 1889, nous y avions, avec G. Gaupillat, découvert à 103^m-106^m sous terre un puissant torrent, tributaire de la résurgence de la Sorgues d'Aveyron ([1]).

M. Crémieu ayant installé dans le gouffre un monte-charge électrique (qui rend la descente très aisée) et, tout au fond, un barrage provisoire sur la rivière souterraine, j'ai pu vérifier qu'il est parvenu aux résultats suivants :

1° C'est bien par un siphon en amont, et nullement comme émissaire d'une *nappe d'eau*, que la rivière arrive au fond du gouffre.

2° On a vu, d'après des jaugeages exacts, les débits varier entre 400^l (précisément le 11 août 1923) et 14000^l par seconde).

3° Celui de la Sorgues même est plus fort (570^l à 25000^l) *et n'a pas le même régime;* il y a donc, entre l'abîme et la Sorgues, une seconde rivière souterraine (inconnue) qui conflue vers la première.

4° Ces débits et les observations pluviométriques récentes sur le Larzac ont établi que le bassin d'alimentation du courant du Mas-Raynal et de la Sorgues est bien plus étendu qu'on ne le croyait, peut-être 75 à 100^{km^2}, au lieu des 25 à 50 envisagés en 1889. Il doit être compris entre les deux longues failles de la Couvertoirade au Nord-Ouest, et de Saint-Félix-de-l'Héras

(1) *Comptes rendus*, t. 109, 1889, p. 622.

au Sud-Est, relevées de 1894 à 1904 sur la carte géologique au 80000e (feuille de Saint Affrique, 1906). Il se pourrait que ce bassin souterrain s'étendît fort loin à l'Est jusqu'aux pertes de la Virenque à Alzon, au pied des granites de Saint-Guiral; car le regretté Félix Mazauric (1919) a établi que la fameuse Foux de la Vis vient non pas du Larzac, mais du Nord (*Spelunca*, Mém. n° 60, juillet 1910). Je ferai remarquer que, dans ces conditions, les basaltes de l'Escandorgue, qui pointent à l'Est de l'abîme et à la surface du Larzac, *ne forment point barrage souterrain* pour les courants alimentant la Sorgues. Ce fait est particulièrement notable et requiert explication.

5° Beaucoup d'autres abîmes et anciennes pertes restent à explorer aux alentours de l'abîme et conduiront peut-être aussi à des branchements d'eau.

6° L'abondance des roches, curieusement érodées et perforées (l'Éléphant, entre autres), du plateau du Mas-Raynal, atteste qu'une très ancienne circulation de surface a joué, dans ces parages, avant de creuser ces gouffres et d'y disparaître.

7° Un prolongement du torrent souterrain a été découvert à l'aval du fond du gouffre; on a pu côtoyer sur 400^m (évalués) un lac profond, à voûtes basses; il est suivi d'une cascade et d'un autre bassin, encore inexplorés.

Ce lac réservoir m'a paru large d'une trentaine de mètres et profond d'une dizaine. En 1889, les hautes eaux mouillant la voûte de la cascade (la première) qui le précède, m'avaient empêché de l'atteindre (¹).

8° D'après le nivellement de précision exécuté par le commandant Carrier, l'issue de la Sorgues est à 577^m,70 au lieu des 630^m indiqués par les courbes des minutes au $\frac{1}{40000}$ de la carte de l'Etat-Major. Il en résulte une différence de niveau de 59^m avec le fond de l'abîme, qui est distant de 2370^m, à l'altitude de 636^m,70 (739^m,90 pour l'orifice). La descente des eaux s'effectuent donc par *échelons* en bassins, cascades, et siphonnements.

9° La résurgence elle-même sort, en siphonnant (tube en U), sous une strate redressée du Bajocien et non pas à travers les interstices d'un éboulis. M. Crémieu s'occupe d'atteindre, par des travaux appropriés, aux cavernes et réservoirs qui doivent exister entre la Sorgues et le fond du gouffre. Le problème est exactement le même que celui qui a été si heureusement

---

(¹) *Les Cévennes*, p. 201; *Les Abîmes*, p. 171.

résolu par le Dr K. Absolon, de Brünn, entre le gouffre de la Mazocha et la résurgence de la Punkva (Moravie), de 1909 à 1913.

10° Enfin, en face de la Sorgues, sur la rive droite, les deux émergences de la Sorguette (avec deux petites cavernes) ont, de leur côté, un régime tout à fait indépendant.

Tous ces résultats sont des plus intéressants; ils permettront de régulariser les écarts de débris de la Sorgues; ils confirment l'inexistence des nappes d'eau sous les plateaux calcaires; et ils démontrent, au contraire, celle des confluences, des anastomoses et du régime torrentiel des courants *matériels*, qu'il faut substituer aux nappes *théoriques*. Ils établissent surtout l'importance pratique que présenterait l'investigation approfondie et scientifique des abîmes, ou puits naturels.

J'ajouterai qu'après un tiers de siècle écoulé entre mes deux visites, je n'ai relevé aucune modification naturelle perceptible dans l'intérieur du gouffre. Seuls, la salle et le premier lac du fond ont été changés par les récents travaux.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la périodicité des orages.* Note de M. **Jules Gabriel.**

En 1922, frappé de la diminution du nombre des orages durant ces dernières années, M. Guilbert m'avait demandé de rechercher les causes, au moins apparentes, de cette diminution.

Une première difficulté, dans cette étude, consistait dans la définition d'une journée orageuse. En principe, et dans la pratique, un jour d'orage est constaté lorsqu'un observateur a noté « tonnerre ou éclairs » dans une station quelconque d'un département.

C'est en s'appuyant sur cette définition que nous avons procédé à ce travail. Nous avons choisi l'importante station de Sainte-Honorine-du-Fay, qui remonte à 1873, pour établir nos statistiques. L'Observatoire de Sainte-Honorine, par sa situation centrale, résume tout le département du Calvados. Ses Annales méritent toute confiance, car elles sont dues à des observateurs de tout premier ordre. Enfin, la station est située sur un plateau élevé à 118m d'altitude, d'où l'on peut aisément saisir la plus grande partie des orages, notamment des éclairs, qui se produisent dans tout le département.

Les observations d'orages bien suivies remontent à 1883; j'ai donc pu analyser une période de quarante années. Ces recherches m'ont amené aux conclusions suivantes :

1° Le nombre moyen annuel des journées d'orage dans le Calvados est de 26.

2° Les orages se répartissent d'une façon fort inégale selon les années. Les extrêmes sont 1911 avec 48 journées orageuses, et 1921 avec 15 seulement, 1910 et 1912 comptent chacune 40 orages.

3° Il y a un maximum de fréquence qui forme une période décennale, 1910 à 1919, avec une moyenne de 34,4 par an, qui correspond à la période pluvieuse dont j'ai signalé l'existence en 1921.

En groupant les années d'orage suivant les périodes connues d'années humides ou sèches, on obtient les résultats suivants :

	Moyenne.	Approximativement.
De 1883 à 1889	19,9	20
De 1889 à 1899	26,5	26
De 1900 à 1909	25,7	26
De 1910 à 1919	34,4	34
De 1920 à 1922	20,6	21

Donc, sur une période de quarante années, on peut noter :

1° Un minimum d'une durée de 7 années.
2° Une période de moyenne fréquence de 20 années.
3° Un maximum d'une durée de 10 années.
4° Un second minimum, actuellement en cours, et qui en est à sa troisième année.

Or ces périodes, plus ou moins orageuses, sont en relation parfaite avec la succession périodique des années pluvieuses et des années sèches. C'est ainsi que depuis 1919, la grande période pluvieuse est terminée et, simultanément, se produit le minimum des années orageuses.

Nos observations nous ont en outre montré qu'au point de vue de répartition des orages, les mois de mai, juin, juillet et août sont sensiblement égaux. En quarante années, juillet compte 146 orages; mai, 143; juin et août, 142. Puis viennent à égalité septembre et octobre, 104; avril, 74; mars, 57; décembre, 54; novembre, 42; janvier, 35; février, 21. Les orages d'hiver sont donc plus fréquents qu'on ne le croit communément.

Comme M. Guilbert l'avait remarqué, la fréquence des orages ne correspond pas à une élévation anormale de la température, loin de là. Il est

vrai que l'année du maximum d'orages est la très chaude année 1911, mais les mois qui fournirent ce maximum : mars, mai, juin, juillet, ne furent pas les plus chauds (août et septembre). L'année de toutes la plus chaude, depuis plus d'un demi-siècle, 1921, a été l'année du minimum absolu d'orages : 15, au lieu de la moyenne annuelle 26.

Nous ferons remarquer encore que la violence des orages n'est pas en rapport avec leur fréquence. Les orages les plus terribles surviennent de préférence dans les périodes minima.

Les conclusions de cette étude peuvent s'énoncer ainsi :

1° Il y a parallélisme certain entre la périodicité des époques pluvieuses et celles des orages.

2° Au maximum de pluviosité correspond le maximum de fréquence des manifestations électriques.

3° Au minimum de pluviosité correspond le minimum de fréquence des orages, mais aussi la plus grande intensité des phénomènes électriques.

D'où, d'après ces données, on peut prévoir :

Que la période minima actuelle persisterait jusque vers 1927;

Que la période des plus violents orages s'étendrait de 1930 à 1940;

Que la période de fréquence maximum reviendrait, avec le maximum de pluviosité, vers 1945.

PHYSIOLOGIE. — *Une hypothèse sur la loi qui régit l'intensité du métabolisme des homéothermes.* Note de M. **Emile-F. Terroine**, présentée par M. Henneguy.

Qu'ils rejettent délibérément l'emploi de la loi des surfaces dans la mesure du métabolisme avec Benedict ou qu'ils l'utilisent comme la meilleure base de comparaison avec Du Bois, Boothby, etc., les physiologistes sont presque unanimement d'accord pour retirer à cette loi sa signification primitive. Les recherches de Rübner sur des cobayes de taille différente, celles de Lapicque sur le chien, le lapin et le bengali ayant établi la persistance de la loi des surfaces lors de la neutralité thermique, comptent parmi les principaux facteurs déterminant cette opinion.

Telle n'a cependant pas été l'attitude de Rübner lui-même. Il affirme qu'il s'agit d'une loi d'évolution et qu'une variation de température passagère ne peut modifier le fonctionnement de mécanismes lentement adaptés. Cette hypothèse, des plus plausibles, est implicitement acceptée par la

plupart des chercheurs contemporains : lorsqu'ils essayent d'expliquer les différences d'intensité du métabolisme par des différences dans la quantité ou la nature de la masse active, ils recherchent un caractère fixé qu'ils supposent chimique.

Mais quantitativement ou qualitativement les résultats atteints dans ce domaine sont des plus décevants :

La comparaison des travaux de Bouchard, de Rübner, de Tereg, de Terroine, Brenckmann et Feuerbach amène à constater que tous les mammifères étudiés (homme, bœuf, lapin, souris) présentent un même taux de matières protéiques;

Ni l'idée de limiter la masse active à l'azote nucléinique, avancée par Palladine pour les végétaux et reprise par E. Le Breton et Schaeffer pour les animaux, ni celle émise par Bertrand pour les végétaux et tendant à faire jouer un rôle important à certaines substances minérales (manganèse) n'ont permis jusqu'ici l'acquisition d'aucun résultat positif chez les homéothermes;

Tous les travaux poursuivis sur la composition des tissus, qu'il s'agisse de l'eau, des matières albuminoïdes, du phosphore lipoïdique, de la cholestérine tendent à établir la notion d'une constante cellulaire caractéristique du tissu et indépendante de l'espèce animale; à cet égard les études de Mayer et Schaeffer sont particulièrement suggestives;

Enfin la presque identité de composition des albumines du muscle chez les sujets d'espèces très différentes (Abderhalden, Gigon et Strauss, Osborne), la parenté remarquable de constitution soit des acides nucléiniques soit des lécithines sont loin de faire apparaître des distinctions qualitatives en rapport avec l'intensité de la dépense d'énergie.

Mais l'hypothèse d'une variation de la masse active est-elle la seule possible? Ne peut-on pas, au contraire, concevoir qu'une masse active, identique en qualité et en quantité, peut être le siège de combustions d'intensités très variées? Certainement, si, dans l'unité de temps, on lui offre une abondance variable de combustibles et de comburants, si, par conséquent, le débit sanguin à travers les organes est variable. Le caractère fixé serait alors constitué par un ensemble de mécanismes physiologiques et de dispositifs anatomiques, organisant l'intensité du débit sanguin.

Ce n'est pas là, à beaucoup près, une idée entièrement neuve : on connaît le parallélisme classique entre la grandeur des échanges et la fréquence des contractions cardiaques; mais il n'y a qu'un parallélisme, non une proportionnalité. Or, dans ses remarquables travaux sur les capillaires, Krogh a apporté un fait qui nous paraît d'importance capitale : le nombre des capillaires d'un muscle strié, par millimètre carré de surface, est d'autant plus grand que le métabolisme est plus intense; toutefois ici encore parallélisme seulement et non proportionnalité. Nous avons alors songé — et c'est là

notre hypothèse — que ce qui commande le débit, c'est à la fois le fait anatomique de l'irrigation capillaire et le fait physiologique de la fréquence cardiaque. Il nous est alors apparu qu'en tenant compte des deux phénomènes on pourrait entrevoir une explication de l'intensité des combustions et nous avons, en conséquence, calculé chez différentes espèces animales le rapport suivant :

$$\frac{\text{Dépense en calories par kilogramme-heure}}{\text{Nombre de contractions cardiaques par heure} \times \text{Nombre de capillaires du muscle par mm}^2 \text{ de section}}.$$

Nous avons puisé nos éléments de calcul dans les résultats de Krogh en acceptant pour la contraction cardiaque les chiffres de 40 à la minute pour le cheval, 100 pour le chien, 175 pour le cobaye.

Les résultats rapportés ci-dessous nous paraissent des plus suggestifs :

Cheval.	Chien.	Cobaye.
$\frac{0^{\text{cal}},5}{2400 \times 1400} \cdot 10^8 = 23$	$\frac{3^{\text{cal}}}{6000 \times 2500} \cdot 10^8 = 20$	$\frac{6^{\text{cal}}}{10500 \times 3000} \cdot 10^8 = 19.$

Nous savons fort bien que dans des mesures plus précises il y aura lieu de tenir compte de la section des capillaires, du nombre des globules sanguins; que l'intervention d'autres facteurs (variation de la masse active que nous avons nous-mêmes signalée en comparant mammifères et oiseaux) devra être considérée, mais il nous paraît impossible d'attribuer à une simple coïncidence la quasi-identité des rapports calculés pour des animaux dont les intensités de dépense sont entre elles comme 1,6 et 12. Si donc ce rapport ne définit pas complètement la loi qui régit le métabolisme des homéothermes, nous pensons qu'il en constitue un élément essentiel.

Et c'est pourquoi, le problème discuté étant de ceux qui d'après Krogh sont « à présent presque sans espoir », nous croyons pouvoir proposer, au moins à titre d'hypothèse, la loi suivante :

A égalité de masse active, définie par le taux de N *total, la grandeur de la dépense énergétique de tout homéotherme rapportée au kilogramme-heure est directement proportionnelle au produit du nombre des contractions cardiaques pendant le même temps par le nombre des capillaires d'un tissu homologue évalué par millimètre carré de section.*

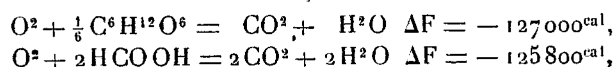
PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Recherches sur l'oxydabilité des corps organiques à la température ordinaire.* Note de MM. **Marcel Gompel, André Mayer** et **René Wurmser**, présentée par M. G. Urbain.

La plupart des phénomènes qui ont leur siège dans les organismes sont conditionnés par l'aptitude de différentes substances qui s'y trouvent à s'oxyder ou à se réduire. L'oxydation peut se faire soit en présence d'oxygène libre, soit aux dépens d'autres substances; ce dernier processus intervient spécialement dans le mécanisme des synthèses. Il est donc très important de connaître l'oxydabilité relative des divers corps.

Nous nous sommes proposé d'étudier d'abord les réactions vis-à-vis de l'oxygène libre. Si nous avions affaire dans ce cas à des systèmes en équilibre, nous pourrions établir une série d'oxydations-réductions au moyen des données sur les énergies libres. Le tableau obtenu donnerait directement la réponse cherchée. Mais les corps qui nous intéressent sont, dans les conditions normales, très éloignés de leur équilibre avec l'oxygène, ce que traduit d'ailleurs leur combustion fortement exothermique. L'oxydabilité relative de ces corps à la température ordinaire ne dépend donc pas seulement des affinités, mais des autres éléments intervenant dans la vitesse de réaction, c'est-à-dire la labilité propre des molécules, et la nature des catalyseurs.

On est ainsi conduit, pour l'étude biologique que nous avons en vue, à rechercher comment les agents de catalyse qui sont susceptibles d'intervenir dans les cellules (surfaces, métaux lourds, ions H, etc.) influent sur la vitesse d'oxydation des corps organiques. Nous établirons donc des classements des corps au point de vue de leur vitesse d'oxydation, en présence de divers catalyseurs (charbons, oxydes métalliques, sels céreux, etc.) et dans diverses conditions de milieu. Si les énergies libres des réactions sont toujours extrêmement voisines, les vitesses relatives mesureront la plus ou moins grande aptitude à s'oxyder de chaque corps, pour des conditions de catalyse données.

Nous comparerons par exemple les vitesses des réactions



$$O^2 + \tfrac{1}{6}C^6H^{12}O^6 = CO^2 + H^2O \quad \Delta F = -127000^{\text{cal}},$$
$$O^2 + 2HCOOH = 2CO^2 + 2H^2O \quad \Delta F = -125800^{\text{cal}},$$

dont les diminutions d'énergie libre ΔF, calculées d'après le principe de Nernst, sont très voisines. Cette manière de procéder est conforme à la

méthode que Job vient de suggérer pour aborder expérimentalement l'étude de ce que Perrin a appelé la « sensibilité spécifique » des molécules.

Le premier catalyseur que nous avons essayé est le charbon de sang dont, notamment, Warburg et Meyerhof ont montré l'action catalytique. Une recherche préliminaire au cours de laquelle nous avons simplement dosé le CO^2 formé, a consisté : 1° à établir que l'action du charbon porte sur un nombre de corps suffisant pour qu'une comparaison des vitesses d'oxydation puisse être intéressante; 2° à déterminer dans quelles conditions de milieu il faut opérer pour que la comparaison ait un sens précis.

Nous donnons dans cette Note les résultats que nous avons obtenus sur ces deux points.

La méthode manométrique employée par les expérimentateurs précédents n'était pas appropriée à nos recherches. Nous avons opéré de la façon suivante. Toutes les solutions étudiées sont à 1 pour 100 en carbone; 125^{cm^3} de la solution sont introduits dans un ballon en verre d'Iéna contenant 5^g de charbon de sang préalablement traité à chaud par de l'acide chlorhydrique dilué puis lavé et desséché. On extrait par ébullition dans le vide les traces de CO^2 qui peuvent exister dans le mélange. Le ballon est fermé, placé dans un thermostat à air à 40°, et soumis à une agitation de 70 oscillations par minute environ. Après un temps variable suivant les corps étudiés, de manière à doser des quantités de CO^2 toujours de même ordre, on extrait les gaz du ballon par ébullition dans le vide, en les faisant passer dans des tubes contenant de la baryte titrée.

Nos recherches ont porté d'abord sur les corps suivants : acides formique, acétique, propionique, oxalique, succinique, citrique, glycocolle, alanine, glucose, acide lactique, acide pyruvique.

1° Tous ces corps, agités en présence de charbon à 40° ont donné naissance à un dégagement de CO^2. Les quantités dégagées par heure, au début de la réaction, en milieu neutre, sont les suivantes, en centimètres cubes.

Acide formique	0,62	Glycocolle	0,14
» acétique	0,30	Alanine	0,14
» propionique	0,05	Glucose	0,04
» oxalique (0,5 pour 100 C.)	0,45	Acide lactique	0,11
» succinique	0,21	Acide pyruvique	0,40
» citrique	0,07		

2° La concentration des ions H exerce une influence considérable sur la vitesse d'oxydation de ces corps comme le montre le tableau suivant qui donne les valeurs moyennes tirées des courbes, exprimées en valeurs relatives.

p_H.	1.	2.	2,5.	3.	4.	5.	6.	7.	10.
Acide citrique......	"	"	100	80	42	22	10	1,4	1
Acide oxalique......	33,5	20,4	"	19,6	17,6	14	8	1,8	1
Acide formique	30	20	"	13	12	8	7,5	6,1	1
Acide acétique......	"	"	15	11,6	5,8	4,1	2,5	2,5	1
Acide succinique....	"	"	2,9	2,9	2,9	2,5	1,5	1,2	1
Glucose............	"	4	"	3,5	2,2	1,0	1,5	1,5	1

Ceux de ces corps sur lesquels influe le plus la concentration en ions H sont ceux dont les constantes de dissociation sont les plus élevées.

Ces recherches préliminaires montrent donc :

1° Que toute une série de corps, dont nous savons d'autre part qu'ils sont oxydés par les êtres vivants, le sont aussi, à froid, *in vitro*, en présence de charbon;

2° Que la réaction plus ou moins acide du milieu a sur cette oxydation *in vitro* une influence aussi manifeste que sur les oxydations biologiques.

3° Elles indiquent dans quelles conditions expérimentales peut être poursuivie l'étude de l'oxydabilité relative des divers corps qui réagissent dans le milieu cellulaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Loi d'action de la laccase : influence de la concentration du gaïacol et de la pression de l'oxygène.* Note de M. **Paul Fleury**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

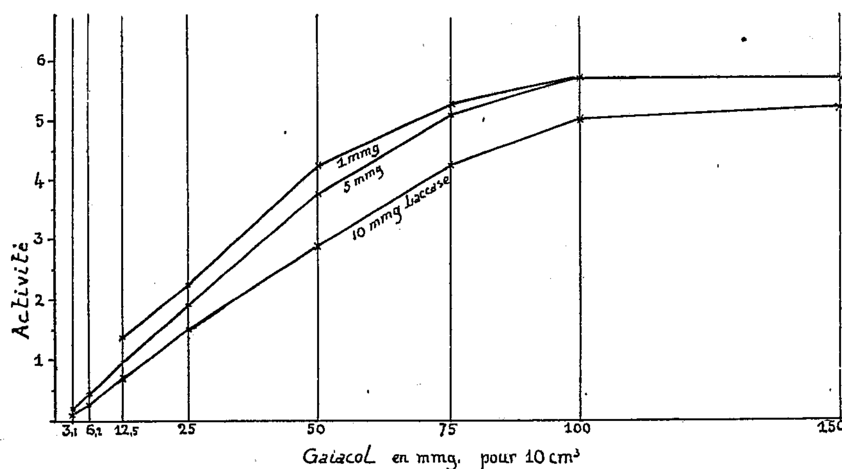
Dans une Note précédente nous avons montré dans quelles conditions et entre quelles limites de temps et de quantité de ferment on pouvait chiffrer *l'activité* d'une préparation de laccase.

Nous avons vu que, si cette activité restait constante entre des limites de temps relativement assez larges, ces limites étaient beaucoup plus étroites en ce qui concerne les quantités de ferment, la valeur de cette activité allant en croissant au fur et à mesure que la quantité de laccase mise en œuvre diminue. Mais nous avons observé qu'on pouvait faire varier les quantités de laccase dans des limites beaucoup plus larges (par exemple dans le rapport de 1 à 10), tout en obtenant pour la valeur de l'activité une constance satisfaisante, en ajoutant à l'expérience un volume de *liquide fermentaire préalablement inactivé par la chaleur*, tel que le volume total de ce liquide soit constant. C'est ainsi que si, pour une préparation déterminée, la valeur de l'activité en opérant avec 1^{cm^3} de solution fermentaire est représentée par 5,9, cette activité devient 7,7 quand on emploie seule-

ment $0^{cm^3},1$ de cette solution. Mais si, dans ce dernier cas, on ajoute $0^{cm^3},9$ de liquide inactivé la valeur de l'activité revient à 6,1, donc à un chiffre très voisin du premier.

C'est pourquoi dans toutes les expériences où nous étions amené à comparer des quantités variables de laccase, nous avons tenu compte de cette observation, en ajoutant une quantité convenable de préparation oxydasique « tuée » par la chaleur.

1° *Influence de la concentration du gaïacol.* — Nous avons exécuté plusieurs séries de mesures dans les conditions et selon la technique précédemment décrites. Chaque série est caractérisée par une concentration en laccase déterminée (10^{mg}, 5^{mg} et 1^{mg} pour 10^{cm^3}). Pour chacune de ces séries la quantité de gaïacol varie de 200^{mg} à $3^{mg},12$ pour 10^{cm^3}. On détermine l'activité au moment où la valeur de ce rapport devient sensiblement constante (20 à 40 minutes). Nos résultats dont le détail ne peut trouver place ici, sont traduits dans le graphique ci-dessous.



De l'examen de ces courbes on peut tirer les conclusions suivantes :

1° En considérant une quantité constante de laccase on obtient une *courbe qui se divise en deux parties :* la première (région des basses concentrations) où la vitesse initiale est en première approximation, *proportionnelle à la concentration du gaïacol*; la deuxième (région où la concentration dépasse 0,75 pour 100) où cette vitesse devient à peu près *indépendante du gaïacol.*

Ce fait déjà entrevu pour la laccase est depuis longtemps connu pour un grand nombre d'autres diastases.

2° Si l'on examine ce que devient cette courbe (caractérisée par une zone d'inflexion la séparant en deux parties) quand *on diminue la concentration en laccase*, on constate un *déplacement de cette zone d'inflexion* vers les *basses concentrations en gaïacol*.

En d'autres termes, la région où la vitesse devient indépendante du gaïacol apparaît à partir d'une concentration en gaïacol d'autant plus faible que la quantité de laccase mise en œuvre est elle-même plus petite.

Ce fait nouveau pour la laccase a été constaté déjà pour la sucrase par M. H. Colin et Mlle Chaudun [1]. Ces auteurs développant et précisant la théorie de la combinaison intermédiaire « substrat-ferment » donnent de ce fait une interprétation qui peut aussi bien s'appliquer à la laccase. Nos résultats constituent une généralisation de leur théorie.

2° *Influence de la pression de l'oxygène.* — Ce problème qui, à notre connaissance, n'a pas encore été envisagé pour la laccase, a été traité selon le même schéma que l'étude précédente. Au lieu du gaïacol, on fait varier la composition du courant gazeux. L'atmosphère gazeuse était constituée par des mélanges d'azote et d'oxygène dont le titre en oxygène variait de 100 à 2 pour 100. On déterminait l'activité de la laccase pour chacune des pressions envisagées. Les résultats seront exposés en détail dans un autre Recueil, mais les faits qui en résultent sont *parallèles* à ceux que nous venons de signaler pour le gaïacol.

Nous avons constaté en effet que, dans les conditions où nous opérons, l'*enrichissement de l'air* en oxygène n'a *aucune influence* sur la vitesse de la réaction. Pour diminuer cette vitesse, il faut abaisser le taux de l'oxygène dans l'atmosphère gazeuse *au-dessous* de 21 pour 100 et cela *d'autant plus* que la quantité *de laccase* est *plus petite*. Autrement dit :

I. Pour une concentration en laccase déterminée, l'activité en fonction de l'oxygène peut se traduire par une *courbe où l'on distingue deux parties :* une zone de proportionnalité et une zone de constance séparées par un point d'inflexion.

II. Ce point d'inflexion est toujours situé, dans *les conditions de nos expériences*, au-dessous d'une concentration en oxygène de 21 pour 100, mais *se déplace vers les basses concentrations* en oxygène quand *la quantité de laccase diminue*.

On est évidemment tenté d'appliquer la théorie de la combinaison « substrat-ferment » comme dans le cas de l'influence du gaïacol. Cependant une

---

[1] *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 338.

étude plus approfondie, mettant en balance les besoins en oxygène de la solution sous l'influence de la laccase et de la quantité d'oxygène susceptible de pénétrer dans cette solution montre que les faits ci-dessus *peuvent s'interpréter d'une façon plus satisfaisante* en faisant intervenir un facteur physique : *la vitesse de diffusion de l'oxygène dans l'eau.*

Malgré les apparences, les variations de concentration du gaïacol et celles de l'oxygène modifieraient donc l'activité de la laccase par *deux mécanismes différents.* L'étude de l'influence de la réaction du milieu nous permettra d'apporter de nouveaux faits pour fortifier cette opinion.

BIOLOGIE. — *Sur la pseudo-luminescence et le rôle du tapis chez certains Poissons.* Note de M. **Raphael Dubois**, présentée par M. Henneguy.

A propos des Trigles ou Grondins, on peut lire dans l'Ouvrage de Brehm sur les Poissons et les Crustacés ([1]) le passage suivant : « Lorsque la nuit ils se meuvent dans les endroits où l'eau a peu de profondeur, ils émettent des lueurs phosphorescentes, tantôt sous forme de points, tantôt de bandes lumineuses» ([2]) et, plus loin, au sujet des Rougets volants *Dactylopterus volitans*, Valenc., de la famille des Triglidés. « Lorsque les Hirondelles de mer sont confinées ainsi que leurs ailes au milieu d'une nuit obscure, on les a vues briller d'une lumière phosphorique, semblable à celle dont resplendissent plusieurs autres poissons et à l'éclat que jettent pendant la nuit des pays méridionaux, les insectes auxquels le vulgaire a donné le nom de Vers luisants. »

Je n'ai rien pu constater de semblable chez des Grondins de diverses espèces, vivants ou fraîchement pêchés, pas plus que les pêcheurs que j'ai interrogés à ce sujet. Les Trigles ne sont pas des poissons photogènes, mais l'erreur du naturaliste allemand s'explique par le fait suivant. Il existe une espèce de Grondin, le Trigle lanterne (*Trigla lucerna* C. V.), poisson qui doit être rare dans la région, car Gourret, dans son livre *Les Pêcheries et les Poissons de Provence* n'en fait pas mention ([3]).

Un jeune Trigle lanterne fut dernièrement capturé dans les eaux de la Rade de Toulon et je le mis bien vivant dans un cristallisoir rempli d'eau

---

([1]) *Les merveilles de la Nature* (traduction française par Sauvage et Kunckel d'Herculais, p. 220 et suiv., chez J.-B. Baillière, éditeur, Paris.

([2]) *Op. cit.*, p. 227.

([3]) Chez J.-B. Baillière et Fils, Paris, 1894.

de mer, qui fut aussitôt porté dans le cabinet noir, à l'obscurité complète. Je ne pus voir aucune luminosité spontanée ou provoquée par des excitations diverses. Mais ayant transporté mon Trigle dans une pièce très faiblement éclairée par des fenêtres dont les persiennes étaient fermées, je constatai alors que, soit spontanément, soit après des excitations mécaniques, l'animal projetait des éclairs rapides, d'une belle nuance verdâtre, à éclat fluorescent, analogue à celle de la lumière que fabrique le Pyrophore des Antilles. Toutefois, cette lueur ne se montrait que quand le poisson avait la tête tournée du côté de la fenêtre. J'interposai alors un écran opaque entre la tête et la fenêtre et il me fut dès lors impossible de provoquer la lumière de cette prétendue *lanterne vivante*. De plus, je vis que les lueurs venaient exclusivement de l'œil et, le plus souvent, d'un seul côté seulement; j'en conclus qu'il s'agissait de lueurs de même nature que celles qui prennent naissance dans le tapis du fond de l'œil de certains animaux, comme le Chat, le Phoque (¹), et qui peuvent être assez fortes parfois pour avoir, en se déplaçant avec l'animal, fait croire à des feux follets (²).

Les Grondins peuvent d'ailleurs être considérés comme des animaux crépusculaires, car ils se tiennent ordinairement au fond de l'eau, sur lequel ils marchent avec des rayons de nageoires pectorales transformées en véritables pattes.

L'intermittence de la lueur du Trigle lanterne ne tient pas seulement à la position de la tête par rapport aux rayons lumineux incidents : l'animal peut, à volonté, faire apparaître ou disparaître sa pseudo-luminescence, soit par des mouvements du globe de l'œil, soit par des déplacements produits par le *ligament falciforme* et la *cloche*, très développés chez les Trigles, modifiant la direction de l'axe du cristallin. Le fond de l'œil des poissons est ordinairement brillant et coloré, mais beaucoup d'auteurs semblent avoir confondu ce qui appartient à la *membrane argentée* et au *tapis*. Quelques-uns attribuent l'éclat du tapis dans la clarté crépusculaire à ce que la faible lumière incidente serait réfléchie au dehors après avoir été décomposée par la diffraction produite par de fins cristaux de guanine. On ne comprend pas pourquoi une faible quantité de lumière blanche frappant le fond de l'œil deviendrait plus éclairante parce qu'elle a été décomposée en

---

(¹) En 1916, j'ai signalé chez le Phoque un tapis modifiant la lumière d'une manière très remarquable [voir *Rapports morphologiques et physiologiques de l'iris et de la cornée chez le Phoque* (*Ann. de la Soc. Linn. de Lyon*, t. 63, 1916, p. 1-4)].

(²) RAPHAEL DUBOIS, *Feux follets physiologiques* (*C. R. de l'A. F. A. S.*, 1re Partie, 1897, p. 298).

ses éléments. D'ailleurs, j'ai vainement cherché dans le tapis du *Trigla lucerna* et d'une espèce voisine *Trigla hirundo* Brunn., pourvue également d'un brillant tapis, les fins cristaux de guanine en question : ils n'existent pas davantage dans le tapis du Phoque. Dans la lumière polarisée, on voit briller seulement quelques parcelles amorphes, qui semblent provenir de la membrane argentée. Le tapis du Phoque et celui des Trigles possèdent cet éclat si chatoyant, si caractéristique aussi des lumières fluorescentes, que l'on retrouve d'ailleurs dans les organes lumineux des Pyrophores et des Lucioles, où j'ai, le premier, signalé l'existence des *fluoroluciférescéines :* elles ont pour effet d'augmenter l'éclat de la lumière engendrée par la réaction luciférase-luciférine en excitant la luminosité de radiations peu ou pas éclairantes, lesquelles s'ajoutent aux autres, en les renforçant.

D'après mes recherches, que je poursuis, c'est, malgré des moyens d'action de plus en plus réduits, à un phénomène de ce genre que doit être attribuée la luminescence du tapis du Trigle lanterne. Seulement, n'étant pas photogène, il ne peut, pour cela, utiliser que des *radiations crépusculaires* venues du dehors et trop faibles ou impuissantes à agir sur la rétine dans les conditions ordinaires de la vision. J'ai montré que la *lumière physiologique* n'exige de l'insecte qu'une dépense insignifiante par rapport à son énorme rendement, lequel est presque de 100 pour 100. La lumière réfléchie par le tapis du Trigle lanterne ne doit rien coûter du tout à l'animal, car si dans l'organe photogène la lumière naît d'une réaction de chimioxyluminescence et que celle-ci soit même réversible, dans la lanterne du Trigle, il n'y a plus qu'une simple transformation d'ordre non chimique, mais purement physique d'un élément protéonique (rayons crépusculaires) empruntée à l'ambiance directement : c'est ce que l'on pourrait appeler *un appareil de renforcement optique.* Il existe plusieurs sortes de ces perfectionnements pour renforcer la lumière physiologique, car si l'on écrase le brillant organe lumineux d'un Pyrophore par exemple, il ne donne qu'une clarté lunaire, comme celle de simples photobactéries, bien que la réaction chimique fondamentale soit de même nature.

C'est principalement de la connaissance de ces perfectionnements que dépend le succès pratique de la lumière froide artificielle par chimioxyluminescence copiée sur la lumière physiologique, qui est l'*éclairage de l'avenir*. Mais, en attendant, *Trigla lucerna* peut nager ou déambuler le soir, au fond de l'eau, pour ses besoins qui doivent être les mêmes que ceux des véritables poissons photogènes, avec un fanal, une lanterne qui n'exige aucune dépense.

MICROBIOLOGIE. — *Les améliorations à réaliser dans la fabrication des fromages à pâte cuite.* Note de M. P. Mazé, présentée par M. Roux.

Les méthodes de fabrication des fromages à pâte cuite sont si ingénieuses que l'on peut les compter parmi les plus fines trouvailles de l'observation empirique appliquée aux industries du lait.

Le caillé divisé, étant porté pendant le brassage à une température supérieure à 50° durant un temps assez long, les ferments lactiques ordinaires sont tués. L'acidification du caillé se fait néanmoins sous presse à une température qui tombe graduellement de 52-53° à 30-35° pendant 24 heures. Les ferments acidifiants du Gruyère et de l'Emmenthal appartiennent donc au groupe des thermophiles; toutes les opérations du fromager sont dominées par la préoccupation constante mais instinctive d'assurer l'ensemencement du lait par ces microbes.

Il est clair que c'est dans le sérum resté dans la chaudière après l'enlèvement du caillé que se trouvent les espèces microbiennes indispensables à la maturation du fromage. Il en résulte que l'on pourrait assurer la préparation régulière des levains lactiques de deux façons différentes :

1° En employant le sérum pour ensemencer la « recuite » dans laquelle on fait macérer les caillettes;

2° En laissant un mélange de sérum et de recuite s'acidifier spontanément dans un récipient bien désinfecté, la présure liquide du commerce remplaçant la macération de caillettes.

Telles sont les méthodes que je préconisai en 1910 [1].

Si l'on considère maintenant la fabrication en elle-même, on constate que le fromager ne peut pas régler à volonté les *constantes de fabrication*. Le lait mis en œuvre est constitué par le mélange de deux traites en proportions variables. Son acidité varie donc aussi et, par suite, sa température au moment de la mise en présure. Ces variations ont leurs répercussions sur la quantité de présure à employer, la durée du brassage et les limites de température auxquelles il convient de porter le grain. Les inconnues s'accumulent ainsi, au point que les embarras du fromager sont grands; son

[1] P. Mazé, *Technique fromagère* (*Annales de l'Institut Pasteur*, t. 23, 1910, p. 395, 435, 543).

initiative doit être toujours en éveil; il en arrive à la longue à se fixer une technique qui lui est personnelle, et l'on peut dire qu'il y a autant de procédés de fabrication que de fromagers. Le malheur est que beaucoup d'entre eux, et non les moins soigneux, préparent des présures dépourvues d'acidité; ils favorisent ainsi sans s'en douter les fermentations putrides, dont le développement a pris dans ces dernières années des proportions anormales; les praticiens ignorent donc encore trop souvent les notions élémentaires qui sont à la base de leur fabrication.

On voit aisément les améliorations à réaliser : elles consistent avant tout à remplacer la macération de caillettes par la présure liquide et à ensemencer le lait que je suppose exempt, autant que possible, de microbes nuisibles venant des étables, avec une culture pure de ferments acidifiants appropriés.

Mais l'expérience ne s'est pas encore prononcée là-dessus. Il est, en effet, difficile de faire des essais comparatifs dans cette voie lorsqu'on ne peut fabriquer qu'un fromage ou deux par jour, les conditions variant nécessairement d'un jour à l'autre.

Une entreprise aussi vaste et aussi riche d'inconnues comporte d'autre part des dépenses importantes que peu d'industriels sont en mesure d'affronter. C'est ce dernier obstacle qui m'avait empêché jusqu'ici d'aborder le travail. Mais une Société, qui vient d'organiser une fromagerie spéciale pour la fabrication des fromages façon Emmenthal, m'a fourni les moyens matériels d'aboutir aisément à des résultats définitifs.

J'ai visité, au préalable, une douzaine de fruitières parmi les plus réputées du Jura et du Doubs, afin de vérifier une fois de plus les méthodes actuellement en usage.

Parmi ces fruitières, quatre sont dirigées par des fromagers suisses ; elles fabriquent de l'Emmenthal français et préparent la macération de caillettes avec le sérum tel qu'il reste dans la chaudière; les autres, qui ont à leur tête des fromagers français, fabriquent du Conté, et utilisent la recuite pour faire macérer les caillettes. Le procédé le plus simple et le plus rationnel, qui consiste à recourir à la présure liquide et à employer comme levain du sérum acidifié, n'a tenté aucun fromager.

J'ai prélevé dans ces diverses fruitières une vingtaine d'échantillons d'aisy et de macérations de caillettes. Les macérations préparées par les Suisses renferment un mélange de ferments lactiques thermophiles et de bacilles acidifiants thermophiles en nombre à peu près égal. Parmi les

autres, une renfermait des bacilles acidifiants à peu près à l'état de pureté, deux ne contenaient que des ferments lactiques avec quelques rares bacilles; le reste était peuplé par un mélange de deux groupes en proportions variables.

Ces résultats montrent bien que les méthodes varient avec les fromagers sans que la qualité des produits en souffre sensiblement.

Le pouvoir acidifiant des bacilles cultivés dans du lait écrémé stérilisé, varie de 11-13^{g} à 25-27^{g} d'acide lactique par litre, suivant les espèces. Celui des ferments lactiques va de 5-6^{g} à 15-18^{g}.

Une conclusion très intéressante découle de ces observations :

Les fromages étant ensemencés indifféremment avec des ferments lactiques ou des bacilles acidifiants, la marche de la maturation ne dépend pas sensiblement du pouvoir protéolytique des microbes; l'hydrolise de la Caséïne est assurée par la présure surtout, et il importe que la dégradation des matières azotées ne soit pas poussée trop loin, en raison de la saveur amère qui en résulterait.

Une démonstration expérimentale embrassant toutes les données du problème prend, comme on le voit, des proportions inattendues. Il s'agit, en effet, de comparer les deux sortes de présure et d'établir, en les utilisant parallèlement, le mélange de ferments capable de donner les meilleurs résultats.

Les essais ont porté sur 40 fromages de 80^{kg} répartis en quatre séries de 7, et deux séries de 6, comprenant des lots de 2, 3 et 4 pièces, les six séries ayant été fabriquées pendant 6 jours consécutifs.

Les résultats obtenus sont les suivants :

a Aucune différence appréciable n'a été relevée entre les divers lots traités par les deux sortes de présures, ni comme aspect, ni comme qualité;

b Les opinions des dégustateurs sont restées partagées en ce qui concerne le classement des fromages suivant la composition des levains lactiques qui étaient au nombre de quatre :

1° Ferments lactiques seuls;

2° Bacilles acidifiants seuls;

3° et 4° Mélanges des deux groupes;

mais leur mise en pratique ne tardera pas à fournir des résultats plus nets, bien que les questions de goût soient particulièrement délicates à trancher.

On peut donc simplifier la fabrication à pâte cuite et la mettre à l'abri de

beaucoup d'accidents en utilisant la présure liquide et en ensemençant le lait proprement recueilli, au moyen d'un levain lactique préparé à la température de 45-50° avec du lait écrémé, bouilli, de préférence au sérum pasteurisé à 100°.

A $15^h 35^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17^h.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 11 février 1924.)

Note de M. *Umberto Crudeli*, Distribution du champ électromagnétique dans un milieu en repos :

Page 759, équation (2), *au lieu de* λ, *lire* $\lambda\mu$.

(Séance du 3 mars 1924.)

Note de M. *F.-E. Fournier*, Cause et origine des cyclones et des typhons :

Page 823, ligne 28, *au lieu de* résultante, *lire* composante translatoire.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 MARS 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret en date du 17 mars 1924 qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Alexandre Desgrez** pour occuper, parmi les Académiciens libres, la place vacante par le décès de M. *A. de Gramont*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Alexandre Desgrez** prend place parmi ses Confrères.

MÉTALLURGIE. — *Observation au sujet d'une Note de M.* Pitois : *Différentiation des aciers par l'examen des étincelles de meulage*, par M. **Mesnager**.

L'auteur de la Note en question (¹) paraît ignorer que le sujet qu'il traite ait déjà fait l'objet d'études conduisant à des conclusions très analogues à certaines des siennes. Je crois donc devoir signaler les publications suivantes sur ce sujet : — Général d'Artillerie Jacques de Manson, *Traité du fer et de l'acier*, Paris, 1804, p. 290; — Capitaine Demosay, *Essai sur le classement des aciers* (*Revue de Métallurgie*, octobre 1904, p. 513); — Albert Shore, *American machinist. The spark method*, 31 août 1907, p. 219;

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1923, p. 942.

Génie civil, 1907, t. 52, p. 117; — POURCEL, *Analyse des aciers à l'aide des étincelles* (*Revue de Métallurgie*, février 1910, p. 132); — Max BERMANN, de Budapest, *Les étincelles comme moyen de distinguer les sortes d'acier*: Congrès de l'Association pour l'Essai des Matériaux à Copenhague en 1909 (Dunod, Paris, fascicule n° 7, Rapport VIII_7) et par le même un Mémoire intitulé : *Die Funken als Erkennungszeichen der Stahlsorten* dans la *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, t. 53, 1909, p. 171.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur le vacuome des algues inférieures.* Note de MM. **P.-A. DANGEARD** et **PIERRE DANGEARD**.

La connaissance du système vacuolaire ou vacuome a fait un grand pas dans ces dernières années, grâce à l'emploi méthodique et généralisé des colorants vitaux.

Rappelons en quelques mots la technique très simple de ces colorations vitales qui sont appelées à rendre encore de nombreux services.

Les meilleurs colorants vitaux, en ce qui concerne la cellule végétale sont le rouge neutre et le bleu de crésyl, employés en solution faible, ils jouissent de la propriété de colorer exclusivement, dans la cellule qui reste vivante fort longtemps, la solution colloïdale de métachromatine qui remplit ces vacuoles (1); si le contenu vacuolaire est neutre ou acide, la coloration avec le rouge neutre est rose; si la teinte est orangée, le contenu est alcalin; dans ce dernier cas, on dit qu'il y a métachromasie : la métachromasie, c'est-à-dire la production d'une teinte différente de celle du colorant, existe aussi pour le bleu de crésyl.

Assez fréquemment, sous l'influence du colorant, la solution colloïdale se précipite en corpuscules chromatiques que l'un de nous a désignés récemment sous le nom d'*endochromidies* (2).

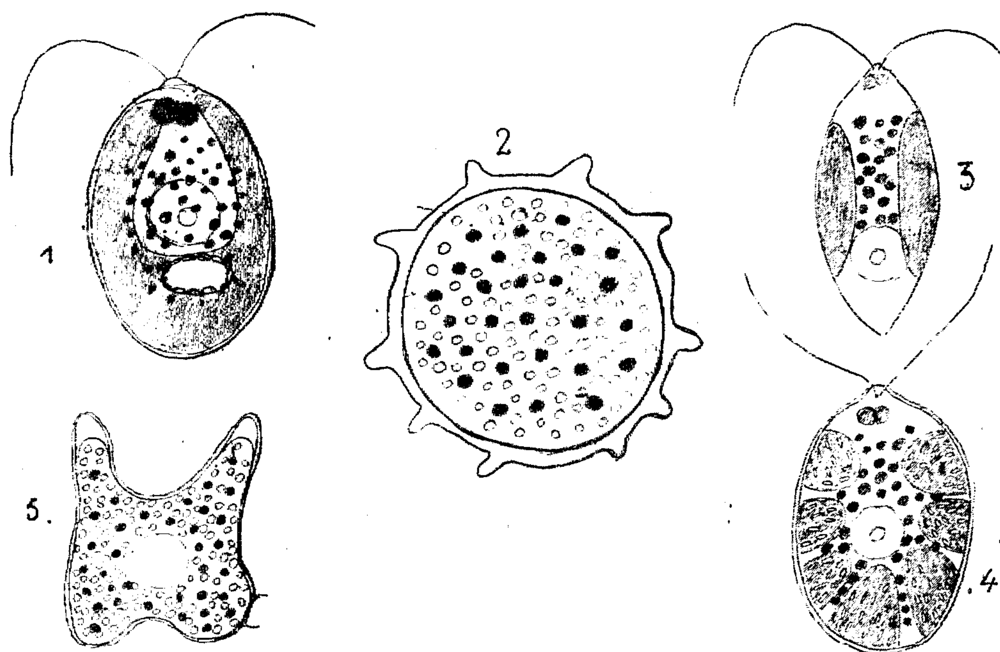
Lorsqu'on examine l'ensemble des algues inférieures, on est frappé de l'absence de tout renseignement précis sur leur vacuome, en dehors des vacuoles contractiles qui forment un système à part : on serait tenté de croire que beaucoup de ces organismes sont absolument dépourvus de

(1) Consulter PIERRE DANGEARD, *Recherches de Biologie cellulaire* (*Le Botaniste*, 15e série, avec 14 planches, juin 1923).

(2) P.-A. DANGEARD, *Sur la reproduction sexuelle chez le* Marchantia polymorpha *dans ses rapports avec la structure cellulaire* (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 267).

vacuome, les détails qui vont suivre donneront l'explication de cette anomalie.

Si nous soumettons à l'action du rouge neutre ou du bleu de crésyl des individus appartenant à l'espèce *Chlamydomonas ovata* Dang., il se produit une coloration foncée de nombreuses sphérules disséminées dans le cytoplasme (*fig.* 3); ces sphérules sont de taille variable : elles correspondent



Le vacuome chez les algues inférieures.

à autant de petites vacuoles, contenant une solution colloïdale de métachromatine condensée; la densité de cette substance qui remplit les vacuoles fait que, sur le vivant et en dehors de toute coloration, ces vacuoles se présentent sous la forme de globules réfringents et non de lacunes au sein du cytoplasme; ce caractère particulier du vacuome, que nous allons retrouver chez beaucoup d'algues inférieures, explique pourquoi cette formation si importante de la cellule était restée à peu près inconnue chez nombre d'organismes.

La même constatation peut être aisément faite sur une autre espèce de Chlamydomonadinée, dont le chromatophore est divisé en un plus ou moins grand nombre de segments pariétanx; il s'agit du *Chlamydomonas reticulata* Gorosch.; le cytoplasme avec le noyau occupe le centre et il envoie des

prolongements entre les segments du chromatophore; ce cytoplasme est parsemé de sphérules plus ou moins grosses, qui, avec le bleu de crésyl, prennent une couleur violacée; elles représentent chacune une petite vacuole (*fig.* 4); ces sphérules correspondent, à n'en pas douter, aux grains fuchsinophiles qui ont été signalés autrefois, en particulier chez le *Chlamydomonas Monadina* et dont on ignore complètement la signification ([1]).

Cette structure du vacuome se retrouve chez les autres Chlamydomonadinées et en particulier chez le *Chlorogonium euchlorum;* ainsi non seulement cette formation existe dans cette famille, mais elle est très bien représentée par toutes ces nombreuses vacuoles élémentaires; après fixation et emploi de la méthode d'Heidenhain, ces vacuoles se colorent *in toto* sous forme de grains chromatiques noirs.

Il est intéressant de noter, que les deux vacuoles contractiles qui se trouvent au voisinage de l'insertion des flagellums, bien que très différentes des précédentes, se colorent également par le bleu de crésyl, mais leur teinte reste rose; elles sont donc légèrement alcalines.

Les représentants de la famille des Volvocinées possèdent un vacuome qui est semblable, dans ses grandes lignes, à celui des Chlamydomonadinées.

Trois genres ont été plus particulièrement étudiés à ce point de vue : *Gonium*, *Eudorina*, *Volvox*.

Le genre *Gonium* comprend deux espèces : l'une est le *Gonium pectorale* dont les colonies possèdent normalement seize cellules, la seconde espèce est le *Gonium sociale* dont les colonies sont de quatre cellules seulement.

Cette dernière espèce a été cultivée pendant plusieurs années au Laboratoire en cultures pures, soit dans des milieux liquides, soit sur des milieux nutritifs à la gélose. Dans ces cultures, les cellules sont tantôt isolées, tantôt réunies par deux, tantôt groupées en colonies normales. Dans tous les cas, le cytoplasme renferme un grand nombre de sphérules qui se colorent rapidement par les colorants vitaux : elles sont de même grosseur ou de taille inégale avec le bleu de crésyl, la teinte varie du bleu au violet, elles ne sont pas toujours complètement homogènes, mais offrent parfois l'apparence d'un anneau, ce qui est dû à la présence d'une inclusion incolore, comme dans les grains d'aleurone.

Il en est de même chez *Eudorina elegans* où le cytoplasme renferme de

---

([1]) P.-A. Dangeard, *Mémoire sur les Chlamydomonadinées ou l'histoire d'une cellule* (*Le Botaniste*, 6e série, 1899, p. 171).

quinze à vingt petites vacuoles à contenu dense; là aussi, les sphérules colorées présentent une ou plusieurs inclusions incolores.

Dans les *Volvox*, les individus qui constituent les jeunes colonies possèdent de petites vacuoles du type dense, comme les *Chlamydomonas* et nombreuses; dans les colonies adultes, chaque cellule ne renferme qu'un nombre réduit de vacuoles et elles sont de plus grandes dimensions; leur contenu est aussi plus fluide. Par contre, le vacuome, tel qu'il s'observe dans les œufs qui approchent de la maturité, est constitué par un très grand nombre de sphérules de métachromatine, disposées régulièrement dans toute la masse (*fig.* 2); on peut les comparer aux grains d'aleurone des graines dont elles se rapprochent par leur nature et leurs principales propriétés.

Il n'est pas douteux que cette forme du vacuome, dont nous venons de signaler l'existence dans deux familles, est assez générale chez les algues inférieures : on la retrouve chez les *Pediastrum* et les *Chlorella* (*fig.* 5), l'un de nous l'a déjà indiquée chez le *Scenedesmus acutus* avec quelques détails; mais, dans cette dernière espèce, l'évolution du vacuome est, semble-t-il, un peu plus avancée, puisque le corpuscule métachromatique est parfois séparé du cytoplasme par un léger intervalle et aussi parce que, chez certains individus, on trouve des vacuoles plus grosses, en nombre réduit, dans lesquelles il se produit une précipitation de plusieurs corpuscules métachromatiques ([1]).

Nous sommes ainsi conduits insensiblement à un type de vacuoles plus évolué et qui nous est offert par un autre groupe d'algues inférieures, les Chlorodendracées.

Dans cette famille, nous avons eu l'occasion d'étudier le *Chlorodendron subsalum* Davis, espèce très abondante dans les bacs du Laboratoire maritime de Roscoff.

Les zoospores de cette espèce ont une partie antérieure plus large, légèrement échancrée et portant quatre flagellums : le cytoplasme occupe une chambre antérieure et une chambre postérieure, qui communiquent ensemble par un espace plus ou moins large, laissé libre par le chromatophore.

Le vacuome est représenté par une grande vacuole, située à l'arrière du corps et un nombre variable de vacuoles plus petites occupant la partie avant : toutes ces vacuoles se colorent en bleu, tirant plus ou moins sur le

---

([1]) P.-A. Dangeard, *Recherches sur l'assimilation chlorophyllienne* (*Le Botaniste*, 14e série, 1921, p. 83).

rose ou sur le violet, lorsqu'on se sert du bleu de crésyl : le contenu de la grande vacuole peut donner par précipitation d'assez nombreux corpuscules métachromatiques, alors que dans les petites vacuoles ce contenu reste fréquemment homogène.

On trouve en outre, superficiellement, au contact interne de la membrane, des sortes de petits bâtonnets qui sont également sensibles au colorant vital : leur présence doit être liée à la sécrétion du mucus, qui est très abondant dans cette espèce et donne lieu à la formation de véritables colonnes supportant les individus au repos : mais ces petits éléments sont indépendants du vacuome.

Le premier type du vacuome, que nous venons d'étudier, est sans doute caractéristique de certains groupes et de certaines familles d'organismes inférieurs : son intérêt est manifeste. On s'explique maintenant, connaissant ses caractères, comment ce vacuome avait pu passer plus ou moins inaperçu chez de nombreux êtres, alors qu'il est constitué au contraire par des vacuoles, fréquemment si nombreuses que le cytoplasme en est criblé. La même difficulté et pour les mêmes causes, s'était produite en ce qui concerne les graines, les oospores, les kystes et les spores, avant que l'on connût le rôle de l'aleurone et de la métachromatine dans l'évolution du système vacuolaire et sa transmission d'une génération à l'autre ([1]).

Actuellement, *il est possible de dire, que, chez les plantes, l'existence d'un vacuome dans la cellule végétale est aussi constante que celle du noyau.*

On admettait tout récemment encore que les vacuoles apparaissaient directement au sein du cytoplasme des cellules jeunes ; les histologistes étaient convaincus que beaucoup de cellules et d'organismes inférieurs étaient dépourvus de système vacuolaire. La conclusion précédente, qui assimile la persistance de cette formation avec celle du noyau, permet de se rendre compte du chemin parcouru en quelques années ; le jour où un résultat de ce genre pourra s'appliquer à la cellule animale, un progrès considérable aura été réalisé.

([1]) Pierre Dangeard, *loc. cit.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur la description mécanique de l'ellipsoïde.* Note de M. **d'Ocagne.**

Les beaux théorèmes de Kempe, d'une part, de Kœnigs, de l'autre, ont établi rigoureusement la possibilité de faire mouvoir un point au moyen de systèmes articulés, soit sur une courbe algébrique plane quelconque, soit sur une surface ou une courbe gauche algébrique quelconque donnée; mais l'application pure et simple des principes théoriques sur lesquels reposent les démonstrations de ces théorèmes conduirait, en pratique, à des systèmes d'une extrême complication. De là, l'intérêt des solutions particulières, fondées sur d'autres remarques, applicables plus simplement à tel ou tel cas spécial.

Si, par exemple, on essaye d'adapter la solution générale de Kempe à la description de l'ellipse, on est conduit à un système articulé où interviennent une cinquantaine de barres articulées, alors que l'ingénieux ellipsographe de Hart n'en comporte, pour le même objet, que cinq seulement.

Nous nous sommes proposé de réaliser une simplification du même genre pour la description de l'ellipsoïde que nous supposons rapporté à ses axes Ox, Oy, Oz, les longueurs des demi-axes correspondants étant respectivement a, b, c (avec l'hypothèse ordinaire $a > b > c$).

L'ellipsographe de Hart est fondé sur le théorème qui dit que, si deux points marqués sur une droite se déplacent respectivement sur deux axes rectangulaires Ox et Oy, tout autre point marqué sur cette droite décrit une ellipse dont les axes sont dirigés suivant Ox et Oy.

La généralisation de ce théorème pour l'ellipsoïde a, depuis longtemps, été obtenue par Dupin, qui y est arrivé par une voie analytique; il n'est, au reste, nullement difficile de l'établir par la pure géométrie. Le résultat peut en être énoncé comme suit : si, sur une droite Δ, où est marqué le point M, on porte, d'un même côté par rapport à M, les segments $MA = a$, $MB = b$, $MC = c$, et si l'on astreint les points A, B, C à rester respectivement dans les plans Oyz, Ozx, Oxy, le point M, dans le mouvement au deuxième degré de liberté ainsi défini pour la droite Δ, décrit toute la surface de l'ellipsoïde considéré.

Nous ferons remarquer, avant d'aller plus loin, qu'à la disposition ci-dessus, envisagée par Dupin, on en peut substituer trois autres que l'on obtient en supposant que, sur la droite Δ, l'un des segments a, b ou c est

porté, par rapport à M, en sens contraire des deux autres. Appelons Δ', Δ'' et Δ''' les droites pourvues de ces dispositions des points A, B, C; on voit bien aisément, ces trois points restant toujours respectivement dans Oyz, Ozx et Oxy, que, pour une même position du point M, les positions correspondantes des droites Δ', Δ'' et Δ''' sont symétriques de celle de la droite Δ respectivement par rapport aux plans menés par M parallèlement à Oyz, Ozx et Oxy. On constate ainsi l'existence d'un quadruple mode de description de l'ellipsoïde au moyen d'un point marqué sur une droite dont trois points sont astreints à rester dans les plans principaux de cet ellipsoïde, de même qu'il existe un double mode de description analogue pour l'ellipse dans un plan.

Donc, ayant recours à l'une ou l'autre de ces quatre variantes, on aura résolu le problème si l'on parvient mécaniquement à maintenir les points A, B, C dans les plans Oyz, Ozx, Oxy. Il serait théoriquement possible de le faire en liant chacun des points A, B, C à un planigraphe de Darboux-Kœnigs convenablement disposé; mais un tel mécanisme ne laisserait pas d'être d'une réalisation assez compliquée.

En vue d'obtenir une solution cinématiquement plus simple, nous avons cherché à faire en sorte que les points guides se déplacent dans un même plan afin que le mécanisme reposant sur ce plan placé horizontalement participât de la simplicité des systèmes uniquement plans. Considérant pour cela la projection de la figure faite sur l'un des plans principaux, Oxy par exemple, nous avons remarqué que si M_0 est la projection du point décrivant M, A_0 et B_0 les projections, respectivement situées sur Ox et Oy, des points A et B, le point C, qui est confondu avec sa projection, a, sur la droite $M_0A_0B_0$, une position telle que

$$\frac{M_0C}{c} = \frac{M_0A_0}{a} = \frac{M_0B_0}{b}.$$

Par suite, si, sur des droites menées par M_0 dans Oxy, on prend les segments constants $M_0A_1 = a$ et $M_0B_2 = b$, dont les extrémités A_1 et B_2 restent respectivement sur Oy et sur Ox, on voit que les extrémités C_1 et C_2 de segments égaux à c, portés à partir de M_0 sur les mêmes droites, sont telles que l'une C_1 a même abscisse, et l'autre C_2 même ordonnée que le point C.

Si donc on astreint les points A_1 *et* B_2 *à se mouvoir respectivement sur* Oy *et* Ox *supposés horizontaux, et que l'on fixe mécaniquement sur* Oxy *la position*

du point C *ayant même abscisse que* C_1 *et même ordonnée que* C_2, *l'extrémité* M, *située sur la verticale de* M_0, *d'un segment égal à* c, *ayant son origine en* C, *décrira l'ellipsoïde voulu.*

Pour faire décrire aux points B_1 et B_2 les axes Oy et Ox, on peut se servir d'un système à cinq tiges de Hart pour chacun d'eux. Quant au point C, on pourra faire en sorte qu'il se trouve, à chaque instant, dans la position voulue, en le liant aux points C_1 et C_2 au moyen d'un dispositif imaginé à cet effet par M. Roudaire-Miégeville (1). Un autre dispositif, dû au même inventeur et mentionné au même endroit, permettra enfin de maintenir l'extrémité M de CM sur la verticale de M_0.

Le mécanisme ainsi obtenu sera sensiblement plus simple que celui qui serait fondé sur l'emploi de trois planigraphes. Encore convient-il de faire observer que, si la solution précédente ne suppose l'intervention que de systèmes articulés, elle peut être grandement simplifiée par l'adoption de glissières et de coulisses assurant les déplacements de A_1, de B_2 et de M respectivement sur Ox, sur Oy et sur la verticale de M_0, ainsi que ceux de C le long de parallèles à Oy et à Ox, entraînés par C_1 et par C_2.

Nous avons dit que la solution pouvait être appliquée dans l'hypothèse de l'une quelconque des quatre variantes, ci-dessus indiquées, du mode de description envisagé. Si nous les considérons maintenant toutes quatre à la fois, nous constatons que les quatre positions des traces des droites Δ, Δ', Δ'', Δ''' sur Oxy sont les sommets d'un rectangle $CC'C''C'''$ dont deux des côtés ont été déterminés au moyen des points C_1 et C_2, et dont les autres côtés le seront de même au moyen des symétriques de C_1 et C_2, par rapport à M_0. Le point M n'est alors autre que le sommet d'une pyramide droite d'arête c, ayant pour base le rectangle $CC'C''C'''$. Dans le cas, tout au moins, où l'on aurait recours à l'emploi de glissières et de coulisses, peut-être résulterait-il de là quelque simplification au point de vue de la réalisation mécanique.

S'il s'agit de faire décrire au point M une ligne donnée sur l'ellipsoïde, il suffit, par un système mécanique approprié, d'astreindre le point M_0 à se mouvoir sur la projection de cette ligne. On pourrait d'ailleurs, bien entendu, appliquer la solution en se servant de la projection faite sur l'un quelconque des plans principaux. Si, par exemple, on veut faire décrire au point M une ligne de courbure de l'ellipsoïde, on aura recours de préférence à la projection sur le plan Oxz de la section principale moyenne,

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 259.

parce que, sur ce plan, les projections des lignes de courbure sont toutes des ellipses (faciles à décrire mécaniquement, par un système de Hart), savoir, comme nous l'avons démontré par une voie purement géométrique ([1]), celles qui sont inscrites dans le losange formé par les tangentes à cette section moyenne menées par les ombilics de l'ellipsoïde.

MAGNÉTISME. — *Sur les isothermes magnétiques du nickel.* Note de MM. **Pierre Weiss** et **R. Forrer.**

Les deux planches ci-après représentent l'aimantation spécifique σ (moment de l'unité de masse) du nickel en fonction du champ, de $H = 0$ à $H = 17000$ gauss et même quelquefois $H = 21000$ gauss, pour un grand nombre de températures échelonnées de 20° à 405°,7.

Ce sont des matériaux pour l'équation d'état du ferromagnétisme $\sigma = f(H, t)$.

Considérons par exemple l'isotherme de 277°,5. On y remarque la grande valeur prise par l'aimantation dès les champs faibles, puis une branche de courbe hyperbolique qui représente l'approche vers la saturation au sens usuel du mot. Celle-ci est pratiquement atteinte à 5000 gauss, après quoi il se produit encore un accroissement de l'aimantation proportionnel à celui du champ. Ce phénomène, qui est nouveau, a été mis en évidence grâce à l'emploi de champs intenses et à la haute précision des mesures.

Les cycles d'hystérèse, phénomène irréversible étranger à notre objet, s'éliminent en quelque sorte automatiquement. Localisés dans des champs d'un nombre de gauss peu élevé, ils sont, à l'échelle du dessin, confondus avec l'axe des ordonnées.

Le caractère de ces courbes reste le même de la température ordinaire jusqu'au voisinage du Point de Curie (357°). Quand la température s'élève, la grandeur de l'ascension rapide dans les champs faibles, qui est en relation avec l'aimantation spontanée, diminue; la branche hyperbolique conserve d'abord à peu près la même importance jusque vers 330° et se développe davantage aux températures plus élevées. L'inclinaison de la région rectiligne, située dans les champs élevés, augmente et, dans le voisinage du Point de Curie, cette partie de l'isotherme devient elle aussi curviligne.

([1]) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1640.

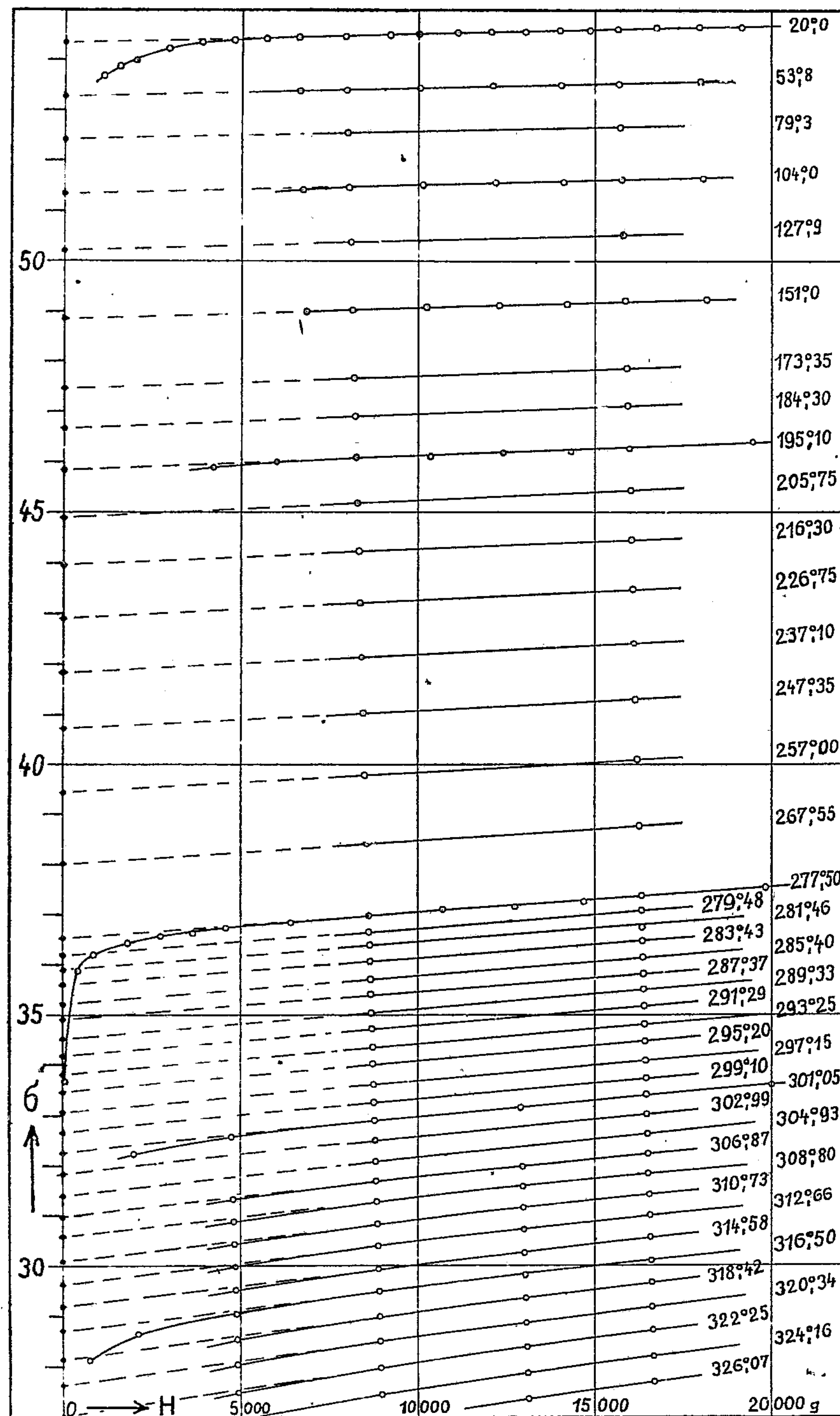


Fig. 1. — Isothermes de l'aimantation apparente et de l'aimantation vraie du nickel de 20° à 326°,07.

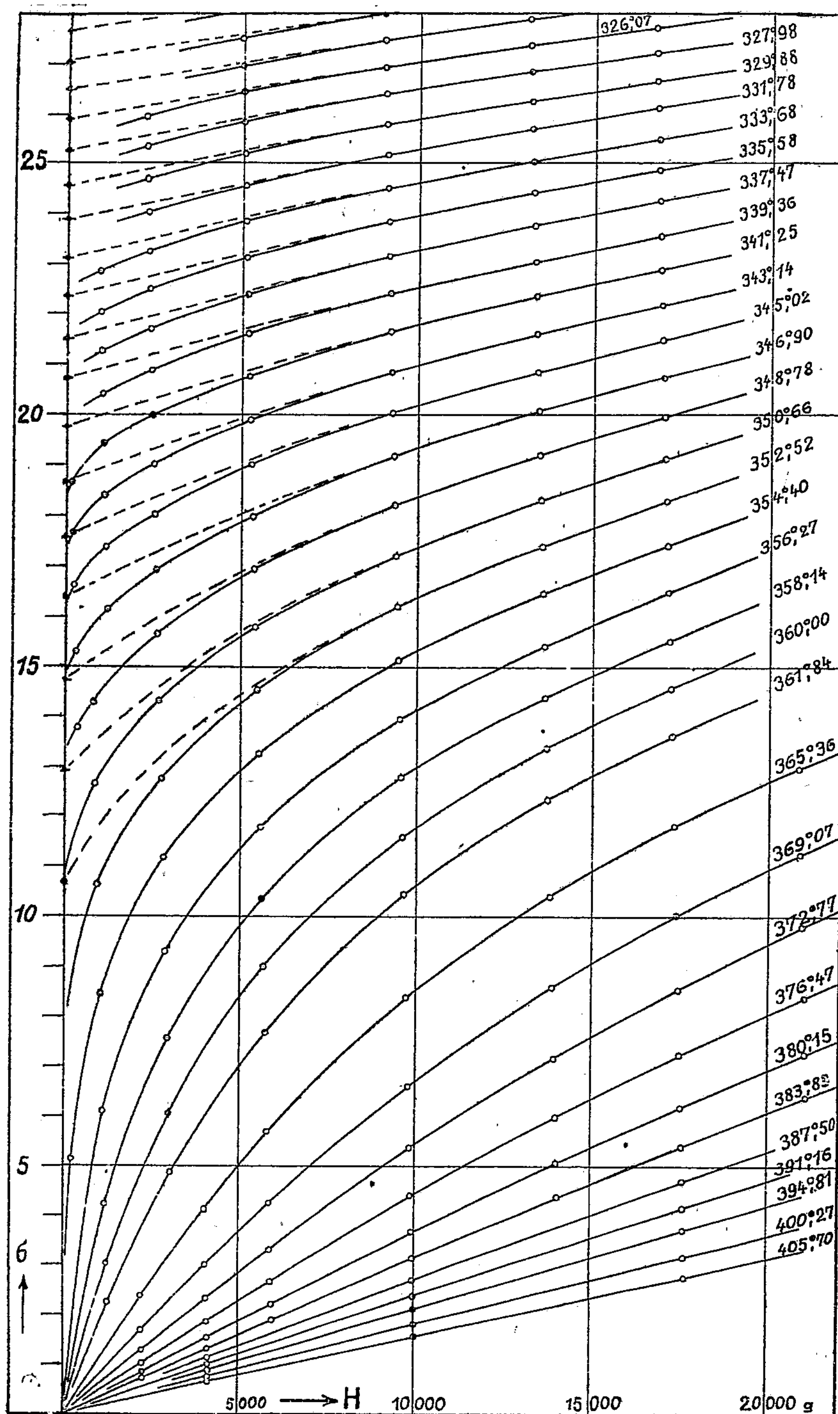


Fig. 2. — Isothermes de l'aimantation apparente et de l'aimantation vraie du nickel de 326°,07 à 405°,70.

Le Point de Curie, à 357°, déterminé au moyen du phénomène magnétocalorique qui sera l'objet d'une prochaine Note, n'apparaît pas sur ces courbes. A 352°,52 il y a visiblement une aimantation spontanée, et à 360° elle a cessé d'exister.

Au-dessus de ces températures, la courbure des isothermes diminue, et l'on atteint progressivement la proportionnalité au champ, caractéristique de l'état paramagnétique. A 405°,7 elle est réalisée à moins de 1 pour 1000 près.

Aimantation apparente et aimantation vraie. — On mesurerait l'aimantation vraie si l'aimantation était parallèle au champ dans tous les domaines élémentaires de la substance. On mesure effectivement une aimantation apparente, parce qu'en général ce parallélisme n'est pas réalisé à cause de la structure cristalline confuse.

Dans les champs très intenses, les isothermes des aimantations apparente et vraie se confondent.

Le phénomène magnétocalorique qui accompagne seulement les variations vraies de l'aimantation permet, par une méthode qui sera exposée ultérieurement, de tracer les isothermes de l'aimantation vraie à partir de celles de l'aimantation apparente. Ces dernières ont été représentées en traits pleins, les premières en pointillé; elles rencontrent l'axe des ordonnées aux points qui donnent la vraie grandeur de l'aimantation spontanée.

Ce sont elles que représente l'équation d'état concernant la *grandeur* de l'aimantation, abstraction faite du phénomène parasite de l'obliquité sur le champ.

M. P. **Termier** fait hommage à l'Académie d'un ouvrage de M. Ch. Gorceix intitulé : *Origine des grands reliefs terrestres. Essai de géomorphisme rationnel et expérimental,* dont il a écrit la *Préface.*

M. É. **Bertin** fait hommage à l'Académie, au nom de M. **Painlevé**, qui en a écrit la *Préface*, d'un ouvrage de M. Paul Dumanois intitulé : *Moteurs à combustion interne.*

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **E. Picard**, **G. Kœnigs**, **M. Brillouin** pour les Sciences mathématiques; MM. **E. Roux**, **A. Lacroix**,

M. **Molliard** pour les Sciences physiques, sont désignés pour former, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place vacante, parmi les Associés étrangers, par le décès de M. *Van der Waals.*

PLIS CACHETÉS.

A la demande de l'auteur, l'Académie procède à l'ouverture du pli cacheté n° 9331, déposé le 3 mars 1924, par M. **Paul Colliard.**

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre du Travail** invite l'Académie à désigner l'un de ses membres qui occupera dans la *Commission supérieure des maladies d'origine professionnelle*, la place vacante par l'expiration des pouvoirs de M. E. Quénu, membre sortant, rééligible.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Catalog der Schweizerischen Landesbibliothek in Bern.* 2 vol.

2° *Systematisches verzeichnis der schweizerischen oder die Schweiz betreffenden Veröffentlichungen*, 1901-1920. 8 fasc.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une condition nécessaire et suffisante de possibilité pour le problème de Dirichlet.* Note de M. **Norbert Wiener**, présentée par M. Henri Lebesgue.

Dans un Mémoire récent ([1]), M. Lebesgue a montré que le problème de Dirichlet se divise en deux parties dont la première est la détermination d'une fonction harmonique correspondant à certaines conditions sur la frontière, et la seconde est la recherche des propriétés de cette fonction

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 349.

dans le voisinage de cette frontière. Dans un Mémoire (¹) paru la même semaine, j'ai fait la même remarque indépendamment, et en plus j'ai donné une définition exacte du sens dans lequel une fonction harmonique dépend des conditions frontières. J'ai démontré aussi que ma méthode assigne une fonction bien déterminée à n'importe quelle condition frontière continue sur un ensemble borné de points dans un nombre quelconque de dimensions. En particulier, j'ai démontré que le potentiel dans l'espace tridimensionnel, correspondant aux valeurs frontières 1 sur un certain ensemble borné de points et correspondant à 0 à l'infini, détermine dans le sens de ma définition une fonction harmonique engendrée par une distribution de charge étalée sur cet ensemble. La charge ne sera négative dans aucune région, et en général n'aura pas de densité. Le potentiel correspondant à cette charge sera représenté par une intégrale de Stieltjès prise sur l'ensemble sur lequel la charge est étalée. La quantité totale de charge sera dite la capacité de l'ensemble. De cette façon, tout ensemble borné de points, qu'il forme ou non une surface, et en fait qu'il soit mesurable ou non, aura une capacité finie bien déterminée.

Revenant au Mémoire de M. Lebesgue; comme moi, il montre que la résolution du problème de Dirichlet dans le sens classique, pour une région donnée, ne dépend que des propriétés des éléments de la frontière, et se réduit à la recherche de ce qu'il appelle la régularité des points particuliers. Un point O de la frontière B d'un ensemble D est dit régulier si, toutes les fois que F(P) est une fonction continue sur B et $f(P)$ la fonction harmonique correspondante sur D,

$$\lim_{P \to O} f(P) = F(O).$$

Bien entendu, cette condition doit être remplie pour toute fonction F continue sur B.

En dehors des conditions qui ont été données antérieurement, M. Lebesgue donne une condition qu'on peut formuler de la manière suivante :

S'il existe un segment de droite ou un segment d'une courbe analytique qui se termine en un point O *de la frontière du domaine* D, *si ce segment est entièrement extérieur à* D *et s'il existe des nombres positifs* A *et* B *tels que,* P *étant un point de ce segment, sa distance de* D *est plus grande que* $A\,\overline{OP}^{B}$, O *est régulier. Si, par contre, il existe des nombres positifs* A *et* B, *tels que,*

(¹) *Certain problems in Potential Theory* (*Journal of Mathematics and Physics of the Massachusetts Institute of Technology*, t. 3, nº 1, janvier 1924).

lorsque P *est situé sur ce segment*, OP = OQ, *et*

$$\overline{PQ} > A e^{-\frac{B}{\overline{OP}}},$$

Q *est dans* D, O *est irrégulier*.

M. Lebesgue généralise en plus une condition de régularité de M. Zaremba, ayant rapport aux points coniques d'une surface. Il décrit une suite infinie de sphères dont le centre est le point O, indiquant sur chacune la région intérieure à un cône donné dont le sommet est en O, faisant tourner chaque sphère autour de O, et excluant la région indiquée d'un domaine nouveau D'. En outre, il démontre que le point O sera encore régulier comme point de la frontière du domaine D'. Il conclut qu'il n'a pas réussi à étendre ces résultats aux points cuspidaux.

M. Lebesgue déduit tous ses résultats du théorème suivant : *Pour qu'un point* O *de la frontière d'un domaine* D *soit régulier, il faut et il suffit qu'il existe une fonction* $F(x, y, z)$ *continue en* O, *atteignant sa borne inférieure en* O, *et en* O *seulement, et telle que partout, à l'intérieur de* D, $\Delta F \leqq 0$. Quoique cette condition soit nécessaire et suffisante, comme elle manque cependant de caractérisation géométrique, on ne peut pas la considérer comme une solution définitive du problème de Dirichlet.

Je viens d'obtenir le théorème suivant, qui donne une caractérisation complète, nécessaire et suffisante des points réguliers. Elle est de nature au moins quasi géométrique, et son énoncé est le suivant : *Soit* O *un point de la frontière* C *d'un ensemble ouvert* D *dans l'espace à trois dimensions. Soit* λ *un nombre positif plus petit que* 1. *Soit* γ_n *la capacité de l'ensemble de tous les points* Q *qui n'appartiennent pas à* D, *tels que*

$$\lambda^n \leqq \overline{OQ} \leqq \lambda^{n-1}.$$

O *est alors régulier ou irrégulier selon que*

$$\frac{\gamma_1}{\lambda} + \frac{\gamma_2}{\lambda^2} + \ldots + \frac{\gamma_n}{\lambda^n} + \ldots$$

diverge ou converge.

Voici une application de ce théorème. Nous dirons que O est un point de révolution monotone cuspidal de la frontière de D si cette frontière, dans le voisinage de O, est une surface rentrante donnée par l'équation

$$\varphi = f(\rho)$$

dans un système de coordonnées sphériques, où $f(\rho)$ est une fonction crois-

sante de ρ qui n'excède jamais π et qui s'annule pour $\rho = 0$. *La divergence de*

$$\sum_{1}^{\infty} \frac{1}{\log f(\lambda^m)},$$

λ *étant un nombre quelconque positif inférieur à* 1, *est donc une condition nécessaire et suffisante pour la régularité de* O.

Un autre corollaire de mon théorème principal est le suivant : *Soit* O *un point de la frontière d'une région* D. *Soit* O′ *un point de révolution monotone cuspidal sur la frontière d'une région* D′. *Supposons en outre* O′ *régulier. Construisons deux sphères de rayon r autour de* O *et de* O′. *Soient* A *et* A′ *les aires des parties de* D *et de* D′ *à l'intérieur de ces sphères. Alors, si pour toutes les valeurs suffisamment petites de r nous avons* $A \leqq A'$, O *est régulier.*

De ce théorème se déduit immédiatement la généralisation du résultat de M. Lebesgue analogue à la généralisation qu'il a faite du théorème de M. Zaremba.

Observations au sujet de la Note de M. N. Wiener, par M. **Henri Lebesgue.**

En janvier dernier, un article de M. G. Bouligand m'a fourni l'occasion de donner quelques résultats obtenus au cours de recherches sur les cas d'impossibilités du problème de Dirichlet, recherches qui remontent à 1913.

M. Wiener parle longuement de ma publication ; ce qu'il ne dit pas et que je tiens à dire, c'est que, dans ces dernières années, le problème de Dirichlet avait été, à mon insu, l'objet de recherches fécondes, dues à divers savants américains et en particulier à M. Wiener. Leurs théorèmes dépassent souvent les miens et ils ont si bien abordé les diverses questions qui m'ont occupé que, si j'avais connu leurs travaux, j'aurais sans doute jugé inutile de revenir sur mes résultats de 1913. J'insisterai sur deux points.

Dès que l'on a étudié la continuité, en un point frontière du domaine, de la fonction fournie par une méthode de résolution du problème de Dirichlet, on a été conduit à formuler des conditions ne faisant pas intervenir la fonction continue donnée sur la frontière étudiée, mais seulement la forme de cette frontière, et dans le seul voisinage du point étudié. Dans ma dernière Note, j'ai surtout insisté sur les notions mathématiques auxquelles conduit la généralisation de l'observation précédente. Or, dans

un article : *Certain Notions in potential Theory*, M. Wiener développe, à l'occasion de ce qu'il appelle : *The im kleinen character of the Dirichlet problem*, des considérations à peu près équivalentes aux miennes.

D'autre part, MM. H.-B. Phillips et N. Wiener ont obtenu une condition de régularité très large et comprenant, en particulier, celle que je donnais sous la rubrique A, ainsi que la condition b, énoncée par M. Bouligand.

Les travaux des Savants américains avaient aussi échappé à M. Bouligand; il convient d'ajouter que, par contre, l'importante Note publiée par M. Bouligand, en 1919, semble être restée inconnue des Américains. Maintenant que ces efforts parallèles ne s'ignorent plus, on peut espérer qu'ils seront plus fructueux encore [1].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Domaines infinis et cas d'exception du problème de Dirichlet.* Note de M. **Georges Bouligand**, présentée par M. Henri Lebesgue.

MM. H. B. Philip's et N. Wiener ont donné sur le problème de Dirichlet (classique ou élargi) des résultats dépassant parfois ceux de ma Note $\mathfrak{N}$ du 2 janvier, entre autres une condition très générale de possibilité du problème au sens classique [2]. Je me propose de montrer qu'on peut tirer de nouveaux résultats d'une hypothèse simple, qui s'appellera ultérieurement *condition* C.

D'après la terminologie de M. Lebesgue [3], $\mathfrak{N}$ implique, en un point O de la frontière d'un domaine d, cette condition nécessaire et suffisante de régularité : *annulation de la fonction de Green au sens large* $g(\mathrm{O}, p)$. D'où, après inversion du pôle O et transformation de Lord Kelvin, ce résultat : selon que O est ou non point irrégulier (ou prohibitif) de d, le domaine inverse D, qui s'étend à l'infini, est ou non capable d'une fonction harmonique bornée et périphériquement nulle. Or, en 1919, j'ai abordé à ce point

---

[1] Je renvoie à la Note ci-dessous de M. Bouligand pour les références aux ravaux de MM. Philips et Wiener. Dans leurs publications, on trouvera des indications bibliographiques se rapportant à d'intéressants Mémoires de MM. O.-D. Kellogg, G.-E. Raynor et Gleason.

[2] *Journ. of Math. and Phys.* (*Bull. Massach. Inst. of Techn.*), vol. 2, 1923, p. 105, et vol. 3, 1924, p. 26. Note $\mathfrak{N}$ dans le présent recueil, t. 178, 1924, p. 55.

[3] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 349 et suiv.

de vue l'étude des domaines infinis dans une note $\mathfrak{N}$ (¹). Les méthodes alors esquissées donnent à la discussion, au moins pour trois dimensions, une précision comparable à celle qu'on obtient en matière de convergence de séries ou d'intégrales, ordre d'idées lié, comme nous allons voir, au problème actuel.

Suivant que D est ou non capable d'une fonction harmonique, bornée et périphériquement nulle, nous dirons qu'il est *exceptionnel* ou qu'il est *normal* (en abrégé D. E. ou D. N.).

Cela posé :

1° L'aire interceptée par un D. E. sur une sphère infiniment grande de centre fixe est à son aire totale dans un rapport qui tend vers un. Toute subdivision d'un D. E. engendre donc au moins un D. N.; chaque fonction V harmonique, bornée et périphériquement nulle dans un D. E., y conserve un signe constant. Supposons que V soit positive et ait pour borne supérieure l'unité. La condition $V \geqq \theta (0 < \theta < 1)$ définit un D. E., capable de $V - \theta$: V tendant en moyenne vers 1 sur la sphère auxiliaire est entièrement déterminée.

2° Emplissons le complémentaire de D de matière conductrice. Pour que D soit exceptionnel, il faut et il suffit que la couche en équilibre sur sa frontière crée dans D un potentiel fini (proportionnel à $1 - V$). On est ramené à trouver la distribution sur un système de conducteurs s'étendant à l'infini. On se bornera au cas où la donnée préalable de l'ensemble singulier de V rend la solution immédiate, à la faveur de ce théorème, donné sous une autre forme par M. Lebesgue : un D. N. n'englobe que des D. N., un D. E. ne se laisse englober que par des D. E. (théor. T).

3° Soit, dans l'espace à n dimensions, un ensemble $\mathcal{E}$ de masses positives, débordant de toute sphère et n'offrant aucune variété à plus de $n - 2$ dimensions. Nous dirons que $\mathcal{E}$ vérifie la *condition* C, si la sommation de la différence de potentiel entre deux points est absolument convergente. On peut alors définir les surfaces équipotentielles : chacune délimite un domaine ouvert qui s'étend à l'infini et ne comprend aucun point de $\mathcal{E}$. Ce domaine est un D. E ou un D. N. suivant que la sommation du potentiel $\mathcal{E}$ converge ou diverge. La convergence est d'ailleurs partout assurée, en dehors de $\mathcal{E}$, dés qu'elle a lieu pour un point (théor. de Harnack) (²).

(¹) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 763 et suiv. Le dernier alinéa de $\mathfrak{N}$ est défectueux et précisé par $\mathfrak{N}'$.

(²) Notre inversion est opportune. Pour s'en passer il faudrait prendre le bipotentiel $\sum \frac{\mu}{mO . mp}$ d'un ensemble e de masses positives μ, et pour chaque position

Applications. — Notons d'abord, avec M. Lebesgue, que l'obtention de D. E. devient plus facile à mesure que n grandit, car la décroissance de la solution fondamentale favorise la convergence du potentiel de E. Ainsi, le domaine

$$x_1^2 + \ldots + x_{n-1}^2 \geqq 1,$$

normal pour $n = 3$, devient exceptionnel à partir de $n = 4$. En outre, on obtient à discrétion des D. E. en étalant continûment, sur une multiplicité au plus $n - 2$ fois étendue, des masses positives produisant un potentiel fini. Soit $n = 3$; prenons pour $\mathcal{E}$ une ligne L comprenant le demi-axe Oz et les cercles de centre O, de rayons $1, 2, \ldots, n, \ldots$ dont les plans contiennent Oz et ont respectivement pour longitudes $0, \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{4}, \frac{3\pi}{4}, \frac{\pi}{8}, \frac{3\pi}{8}, \frac{5\pi}{8}, \frac{7\pi}{8}, \ldots$. On peut engendrer, avec cette armature, des D. E., d'où par inversion des domaines finis dont la frontière offre en O un *élément de Lebesgue*, avec la particularité suivante : on peut y trouver une suite de points M, tels que OM tende vers zéro en grandeur et vers un rayon quelconque en direction. Nous sommes loin du classique rebroussement rentrant !

Régularité ($n = 3$). — Pour que D soit *normal*, il suffit que son complémentaire possède une branche infinie B en tube ou en ruban et qu'on puisse tracer, à partir d'un point A, dans le tube ou sur le ruban, une ligne L telle qu'on ait

(1) $$\overline{\mathrm{AM}}^2 \,|\log \mathrm{R_M}| > \mathrm{K}(\overset{\frown}{\mathrm{AM}})^{1+\alpha} \qquad (\mathrm{K}, \alpha \text{ constantes positives}),$$

(2) $$\int \frac{d(\overset{\frown}{\mathrm{AM}})}{\mathrm{MP}\,|\log r_{\mathrm{M}}|} \textit{ divergente} \qquad (\mathrm{R_M} \textit{ borné}),$$

où M désigne un point courant de L, r_{M} sa distance minima aux parois du tube ou aux bords du ruban, $\mathrm{R_M}$ le rayon d'une sphère de centre M dont l'enveloppe englobe B. Si L n'est pas continue, on ordonne ses tronçons et l'on attribue à un point du $n^{\text{ième}}$ tronçon une abscisse $\overset{\frown}{\mathrm{AM}}$ qui, à l'origine de ce tronçon, soit la somme des $n - 1$ précédents. La condition C intervient pour fournir l'inégalité (1) et pour légitimer ce recours à l'expression

---

de O, substituer aux surfaces équipotentielles les surfaces telles que

$$\sum \frac{\mu}{m\mathrm{O}.mp} = \frac{c}{\mathrm{O}p}.$$

De ce bipotentiel on passe à des expressions généralisées permettant d'étendre la théorie aux équations du type elliptique.

asymptotique de la différence de potentiel : en faisant serpenter, à l'intérieur d'une gaine indéfinie dont l'extérieur est un D. E. un tube présentant des spires de plus en plus resserrées, j'ai pu rendre l'intégrale (2) divergente bien que l'extérieur de ce tube soit un D. E. (théor. T). Une condition suffisante d'irrégularité est la convergence de l'intégrale déduite de (2) en changeant r_M en R_M.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Différences et dérivées.* Note de M. A. **Marchaud**, présentée par M. Henri Lebesgue.

Si l'on considère les différences successives d'une fonction continue par rapport à un accroissement qui tend vers zéro, on obtient des infiniment petits dont les ordres ont un lien étroit avec l'existence des dérivées de la fonction [1]. Je me suis proposé de resserrer autant que possible ce lien.

1. Soit $f(x)$ une fonction *bornée* dans $(0, 1)$. La différence d'ordre n

$$\Delta_h^n f(x) = f(x+nh) - C_n^1 f[x+(n-1)h] + \ldots$$

est définie pour toutes les valeurs de x et de h telles que les points x et $x+nh$ appartiennent à l'intervalle. Si, de plus, on suppose $|h| \leqq \delta \leqq \frac{1}{n}$, $|\Delta_h^n f(x)|$ admet une limite supérieure $\omega_n[\delta, f(x)]$, ou plus brièvement $\omega_n(\delta)$. Pour les valeurs de δ supérieures à $\frac{1}{n}$, on posera

$$\omega_n(\delta) = \omega_n\left(\frac{1}{n}\right).$$

Lorsque la fonction f est continue, $\omega_1(\delta)$ est ce que M. de la Vallée Poussin appelle son *module de continuité*. Réciproquement, si pour une valeur donnée de n, $\omega_n(\delta)$ tend vers zéro avec δ, $f(x)$ est continue.

$\omega_n(\delta)$ ne peut être d'ordre supérieur à n sans être constamment nul; auquel cas f se réduit à un polynome de degré $n-1$ au plus.

2. Si f admet des dérivées continues jusqu'à l'ordre r inclus, $\delta^{-r}\omega_{r+1}(\delta)$ est infiniment petit avec δ. Réciproquement, si l'intégrale $\int_0 t^{-r-1}\omega_{r+1}(t)\,dt$ converge, la fonction admet, dans $(0, 1)$, des dérivées continues jusqu'à

[1] P. Montel, *Sur les polynomes d'approximation* (*Bull. de la S. M. F.*, t. 46, 1918, p. 183).

l'ordre r inclus; et l'on a

$$\omega_1[\delta, f^{(r)}(x)] < \frac{3}{L2} r^2 2^r \int_0^\delta t^{-r-1} \omega_{r+1}(t)\,dt.$$

Si l'on suppose $t^{-r}\omega_{r+1}(t)$ seulement infiniment petit, la dérivée d'ordre r peut ne pas exister.

3. La convergence de l'intégrale précédente n'est évidemment pas une condition nécessaire pour l'existence de la dérivée d'ordre r. Pour obtenir des conditions nécessaires et suffisantes, il faut faire intervenir les différences par rapport à des accroissements indépendants (deux au moins). Cela résulte du théorème suivant, démontré par M. L.-E.-J. Brouwer (1), dans le cas où la fonction est continue : « La condition nécessaire et suffisante pour que la fonction $f(x)$, bornée dans (0,1), admette, dans cet intervalle, des dérivées continues jusqu'à l'ordre r inclus, la dernière satisfaisant à la condition

$$|\Delta'_\delta f^{(r)}(x)| \leqq \mathcal{E}(\delta),$$

où $\mathcal{E}(\delta)$ désigne un infiniment petit, est que l'on ait, dans l'intervalle,

$$|\Delta''_\delta \Delta'_{\delta'} f(x)| \leqq \delta^r \mathcal{E}(\delta'). \text{ »}$$

4. Voici une application des résultats précédents. Si une fonction continue $f(x)$ admet, en tout point d'un intervalle, une dérivée seconde généralisée

$$f_2(x) = \lim_{h=0} \frac{f(x+h) + f(x-h) - 2f(x)}{h^2}$$

bornée (continue) dans l'intervalle, la dérivée seconde $f''(x) = \frac{d}{dx} f'(x)$ existe « presque partout » (partout) et coïncide avec f_2 là où elle existe. Le théorème de Schwartz est un cas particulier de cette dernière proposition.

5. Si l'on fait intervenir les dérivées d'ordres non entiers de Riemann-Liouville, on obtient l'énoncé suivant, qui généralise une proposition de M. Montel (2) démontrée d'autre part, pour $\alpha < 1$, par M. H. Weyl (3):

Si l'intégrale

$$\int_0 t^{-\alpha-1} \varpi_{r+1}(t)\,dt \qquad (0 \leqq r \leqq \alpha < r+1)$$

---

(1) *Over Differentie quotienten en differentialquotienten* (*K. Akad. v. Wetensch. te Amsterdam*, juin 1908).

(2) Mémoire cité, p. 183.

(3) *Bemerkungen zum Begriff der Differentialquotienten gebrochener Ordnung* (*Vierteljahrsschrift in Zürich*, 1917).

converge, la fonction f admet, dans $(0, 1)$, des dérivées continues jusqu'à l'ordre α inclus. Dans le cas où f s'annule sur un ensemble de $r+1$ points, la dérivée d'ordre α satisfait aux relations

$$|f^{(\alpha)}(x)| < \gamma(r)\int_0^1 t^{-\alpha-1}\omega_{r+1}(t)\,dt,$$

$$\omega_1[\delta, f^{(\alpha)}(x)] < \gamma(r)\int_0^\delta t^{-\alpha-1}\omega_{r+1}(t)\,dt,$$

où $\gamma(r)$ désigne une fonction de r seul.

Si l'on suppose $t^{-\alpha}\omega_{r+1}(t)$ seulement infiniment petit, la dérivée d'ordre α peut ne pas exister.

Plus généralement, on peut supposer l'intégrale

$$\int_0 t^{-\alpha-1}\omega_n(t)\,dt \qquad (n > r+1)$$

convergente.

Il n'est pas possible d'obtenir des conditions nécessaires et suffisantes pour l'existence de la dérivée d'ordre α, non entier, en considérant uniquement les différences d'ordres entiers, même par rapport à des accroissements indépendants.

6. Les résultats qui précèdent s'établissent en utilisant les propriétés élémentaires des différences. L'extension aux fonctions de plusieurs variables se fait simplement grâce à la proposition suivante : si la fonction donnée f s'annule, dans $(0, 1)$, sur un ensemble de n points, distincts ou non, l'ordre de chacun d'eux étant $\leqq p$, et si, de plus, l'intégrale $\int_0 t^{-p}\omega_n(t)\,dt$ converge, on a dans tout l'intervalle :

$$|f(x)| < \mathrm{E}.\int_0^1 t^{-p}\omega_n(t)\,dt,$$

où E désigne une constante qui dépend seulement de l'ensemble.

THÉORIE DES MARÉES. — *Sur les caractères topographiques de la surface de l'onde marée dans les mers ouvertes.* Note de M. E. FICHOT, présentée par M. Ch. Lallemand.

Les lignes cotidales et les lignes cofluctuales, jointes aux lignes d'égal décalage entre la marée et le courant, ainsi qu'aux lignes d'égale amplitude

du mouvement vertical ou horizontal, suffisent, comme je l'ai montré dans deux Notes concernant les mers assimilables à un détroit [1], à définir complètement le régime de la marée en tout point du domaine amphidromique considéré, mais non pas la forme de l'onde marée envisagée dans son ensemble. L'amplitude variant d'un point à l'autre, il est clair, en effet, que, contrairement à l'illusion d'un observateur local, la pleine mer ne se produira généralement pas lorsque le point considéré sera atteint par la crête de l'intumescence.

En conservant les mêmes notations, et représentant par ζ la dénivellation, comptée positivement au-dessus du niveau moyen, l'équation de la surface libre de l'onde à l'époque t sera

$$\zeta = \frac{\mu^2}{g} r \cos(\mu t - \theta) = \frac{2\mu^2\sqrt{\rho}}{g} \cos\mu t \cos\frac{\mu x}{c} \operatorname{ch}\frac{2\omega y}{c}\left(\operatorname{tang}\frac{\mu x}{c} + \operatorname{tang}\mu t \operatorname{th}\frac{2\omega y}{c}\right).$$

Cette surface est coupée par le plan de niveau moyen suivant les lignes nodales instantanées données par

$$\theta = \mu t \pm \frac{\pi}{2},$$

équation qui définit les lignes cotidales correspondant aux époques $t \pm \frac{\tau}{4}$, τ étant la période.

L'équation de la surface montre d'ailleurs que toutes les courbes de niveau sont, en projection horizontale, asymptotes à ces lignes nodales. Tout plan vertical parallèle à l'axe de l'amphidromie coupe la surface suivant une sinusoïde

$$\zeta = a \sin\frac{\mu}{c}(x - \alpha),$$

$$a = \frac{2\mu^2\sqrt{\rho}}{g}\left(\cos^2\mu t + \operatorname{sh}^2\frac{2\omega y}{c}\right)^{\frac{1}{2}}, \qquad \operatorname{tang}\frac{\mu\alpha}{c} = -\operatorname{tang}\mu t \operatorname{th}\frac{2\omega y}{c}.$$

Si donc on considère une sinusoïde de période $\frac{2c\pi}{\mu}$ dont les nœuds restent constamment sur les lignes nodales, son amplitude verticale a variant suivant la loi ci-dessus, cette sinusoïde engendrera la surface de l'onde.

Cette surface n'a pas de sommets, les points amphidromiques sont pour elles des centres et les points d'altitude $\frac{2\mu^2\sqrt{\rho}}{g}\cos\mu t$ qui se projettent suivant les ventres ou *points morts*, où le courant reste constamment nul, sont

[1] *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 743; t. 176, 1923, p. 1292.

des *cols*. En ces points, les directions des axes de l'indicatrice et, par suite, celles des lignes de faîte et de thalweg de la surface, sont données par

$$\tang 2\alpha = \frac{4\mu\omega}{\mu^2 + 4\omega^2} \tang \mu t.$$

Chaque ondulation positive ou négative possède ainsi, sur la verticale du point mort médian, un col d'où se détachent une ligne de faîte (ou de thalweg) tendant à devenir asymptote à la courbe, lieu des sommets de la sinusoïde génératrice de l'ondulation, puis, orthogonalement, une ligne de thalweg (ou de faîte) qui rejoint asymptotiquement la ligne de thalweg (ou de faîte) émanée du col de l'ondulation négative ou positive contiguë ([1]). En projection horizontale, les lignes de faîte ou de thalweg tournent donc *autour des points morts* comme les lignes cofluctuales, tandis que les lignes cotidales tournent *autour des points amphidromiques*. Quant à la courbe, lieu des sommets de la sinusoïde génératrice, elle n'est pas, au voisinage du col, une ligne de plus grande pente, mais à une certaine distance de l'axe, elle se rapproche indéfiniment de la crête de l'onde; sa projection horizontale, qui n'est autre que la ligne cofluctuale, lieu des points où le courant est maximum à l'instant t considéré, est asymptote, comme la projection de la ligne de faîte, à la ligne cotidale, lieu de la pleine mer à cet instant.

Les lignes de faîte et de thalweg ne se projettent suivant des lignes cotidales qu'aux heures cotidales 0 ou VI (mer pleine ou basse aux points morts) : elles sont alors constituées sur la surface par des courbes verticales

$$\zeta = \pm \frac{2\mu^2\sqrt{\rho}}{g} \operatorname{ch} \frac{2\omega y}{c}$$

et les portions successives de la sinusoïde génératrice elle-même

$$\zeta = \frac{2\mu^2\sqrt{\rho}}{g} \sin \frac{\mu x}{c},$$

orthogonale aux précédentes.

Aux heures cotidales III et IX (dénivellation nulle sur l'axe), on a pour lignes nodales l'axe d'amphidromie et ses perpendiculaires menées des points morts, les cols sont à l'altitude zéro; en ces points, l'indicatrice a ses asymptotes dirigées suivant les axes et les lignes de faîte et de thalweg, rapportées aux cols, sont données par l'équation

$$\operatorname{ch} \frac{2\omega y}{c} \left(\cos \frac{\mu x}{c}\right)^{\frac{4\omega^2}{\mu^2}} = 1;$$

([1]) Sauf le cas de l'heure cotidale 0 ou VI examiné ci-dessous.

ces courbes sont respectivement asymptotes aux lignes droites de pleine et basse mer qui partent des points amphidromiques normalement à l'axe.

Tous ces résultats subsistent quand bien même les cols n'ont qu'une existence virtuelle (Manche).

MÉCANIQUE. — *Sur le mouvement d'un point matériel de masse variable avec la force vive soumis à l'action d'un champ de force avec surfaces équipotentielles de révolution.* Note de M. **R. Dugas**, présentée par M. L. Lecornu.

Nous avons étudié précédemment ([1]) le mouvement d'un point de masse $m(\mathrm{T})$ variable avec la force vive, soumis à une force centrale. Dans le cas le plus général où le théorème des aires subsiste on obtient, par la même méthode, un résultat analogue.

Si nous supposons que la fonction des forces existe, elle sera, en coordonnées semi-polaires ρ, θ, z, une fonction de ρ et z seuls :

$$\mathrm{U} = \mathrm{U}(\rho, z); \tag{1}$$

d'où

$$m = m(\mathrm{T}) = m(\mathrm{U} + h) = \psi(\rho, z); \tag{2}$$

m est une fonction de ρ, z, et des données initiales.

Les équations de Lagrange s'écrivent :

$$\left\{\begin{aligned} &\frac{d}{dt}(mz') = \frac{\partial \mathrm{U}}{\partial z},\\ &\frac{d}{dt}(m\rho') - m\rho\theta'^2 = \frac{\partial \mathrm{U}}{\partial \rho},\\ &m\rho^2\theta' = \mathrm{C}. \end{aligned}\right. \tag{3}$$

On en déduit immédiatement les équations différentielles de la trajectoire

$$\left\{\begin{aligned} &\frac{d^2 z}{d\theta^2} - \frac{2}{\rho}\frac{dz}{d\theta}\frac{d\rho}{d\theta} = \frac{\partial \mathrm{U}}{\partial z}\frac{m\rho^4}{\mathrm{C}^2},\\ &\frac{d^2\frac{1}{\rho}}{d\theta^2} + \frac{1}{\rho} = -\frac{\partial \mathrm{U}}{\partial \rho}\frac{m\rho^2}{\mathrm{C}^2}, \end{aligned}\right. \tag{4}$$

m étant une fonction de U, les quantités $m\dfrac{\partial \mathrm{U}}{\partial \rho}$ $m\dfrac{\partial \mathrm{U}}{\partial z}$ sont les dérivées par-

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 547.

tielles en ρ et z d'une fonction $U'(\rho, z)$. Les équations (4) conduisent donc au théorème suivant :

La trajectoire du point de masse $m = \psi(\rho, z)$ *soumis à une force dérivant de la fonction* $U(\rho, z)$, *est la même que celle du point de masse* 1 *soumis à une force dérivant de la fonction*

$$(5) \qquad U' = \int_a^\rho \psi(\rho, z)\frac{\partial U}{\partial \rho}(\rho, z)d\rho + \int_b^z \psi(a, z)\frac{\partial U}{\partial z}(a, z)dz.$$

La trajectoire une fois obtenue pour le point $m = 1$ et la fonction U', le temps dans le mouvement $m(T)$, U s'obtient par la quadrature

$$(6) \qquad dt = \frac{\psi(\rho, z)\,d\theta\,\rho^2}{C}.$$

La loi du mouvement du point de masse variable est essentiellement différente de celle du point de masse 1 de même trajectoire.

Ce qui précède s'applique en particulier au mouvement de l'électron de masse $m(T)$ soumis : 1° au champ newtonien du noyau O ; 2° à un champ électrique extérieur de direction constante Oz. Dans le cas où le champ extérieur est constant aussi en grandeur, on a le problème dit *de l'effet de Stark*, étudié par Schwartzschild sans tenir compte de la variabilité de la masse.

Il y a lieu de remarquer que les considérations précédentes sont indépendantes du principe de relativité et ne nécessitent que l'hypothèse de la variabilité de la masse. Si l'expression du temps, donnée par (6) est modifiée, celui-ci garde cependant la signification absolue qu'il a en dynamique ordinaire.

AVIATION. — *Sur les différences entre le vol des insectes et celui de l'aéroplane.* Note de M. **Jousset de Bellesme**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Je crois utile d'ajouter à ma Communication précédente quelques détails ayant une grande importance au point de vue du vol des avions.

Un fait capital sur lequel j'ai insisté dans mon Mémoire de 1878 est celui-ci. L'insecte possède la faculté de se maintenir, tout en volant, immobile au même point de l'espace. C'est ce que ne peut pas faire un aéroplane. Cette allure est remarquable chez les Diptères et même chez certains Lépidoptères, comme les Sphinx. La cause qui met obstacle à cette faculté

réside évidemment dans la fausse interprétation donnée jusqu'ici par les auteurs, du mouvement de l'aile. On a dit et répété que ce mouvement est hélicoïdal. Le tracé que l'on obtient en laissant frôler le bout de l'aile d'un insecte contre un cylindre enregistreur est en effet hélicoïdal, mais ce n'est qu'une apparence qui tient à la différence de rigidité du bord externe de l'aile, très souple, avec la nervure interne très rigide. En réalité l'aile ne possède qu'un mouvement alternatif de montée et de descente.

La croyance que l'aile se mouvait en hélice a suggéré au physicien Langley, lorsqu'il a tenté de réaliser un insecte artificiel en se basant sur mes recherches sur le balancier, l'idée d'utiliser une hélice comme moteur pour son aérodrome en 1896; mais l'hélice prenant sur le milieu, air ou eau, un point d'appui oblique, il en résulte qu'elle ne peut faire autrement que de progresser, aussitôt qu'elle est en marche. C'est le cas de l'aéroplane qui est impuissant à s'immobiliser en l'air.

L'insecte, au moment où il le juge à propos peut, en modifiant convenablement l'angle d'inclinaison de ses ailes, obtenir une attaque directe sur l'air, ce qui lui permet l'immobilité. Il aurait alors tendance à s'élever perpendiculairement, mais il se contente sans doute d'obtenir la force ascensionnelle suffisante pour soustraire son corps à l'action de la pesanteur. S'il veut progresser, il lui suffit de modifier légèrement son angle de vibration. Ces différences se voient très nettement lorsque l'on considère avec attention un Diptère immobile dans un rayon de soleil.

Il résulte de ces observations que le même résultat ne pourrait être obtenu pour les avions que par les mêmes moyens, c'est-à-dire par une attaque directe et non oblique sur l'air, comme cela a lieu dans une turbine, par exemple.

Il est donc probable que la question de l'aéroplane demande à être reprise par la base, et l'on a eu tort d'assimiler dès le début la locomotion aérienne à la navigation aquatique. C'est, du moins, ce que nous disent les insectes.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Étude photométrique de l'éclipse de Lune du 20 février 1924.* Note de M. **A. Danjon**, présentée par M. A. Cotton.

L'appareil qui m'a servi pour les mesures photométriques est identique à celui que j'ai décrit à propos de l'éclipse du 16 octobre 1921, mais il était monté sur l'équatorial de 49^{cm} de l'Observatoire de Strasbourg. Un biré-

fringent donne deux images de la Lune, tangentes et polarisées à angle droit. On l'oriente de façon à mettre en regard le point le plus éclairé d'une image et le point le plus sombre de l'autre. Un nicol tournant permet d'égaliser les éclats de ces deux parties du limbe, et la lecture de son index, mobile sur un cercle divisé, donne le rapport des éclairements des deux points considérés. Il y a lieu de corriger les nombres bruts de la différence d'albédo des deux régions, qu'on détermine en dehors de l'éclipse, avant que la phase ne soit sensible. Une seconde correction tient compte de ce que le bord le plus éclairé est dans la pénombre, ou dans l'ombre si l'éclipse est totale. Les nombres corrigés donnent alors l'éclairement du bord le plus avancé dans l'ombre, l'éclairement de la pleine lune non éclipsée étant pris pour unité. J'appellerai densité de l'ombre ou de la pénombre le logarithme changé de signe de cette quantité. En effectuant des mesures pendant toute la durée du phénomène, on suit la variation de la densité en fonction de la distance au centre de l'ombre.

L'éclipse de 1921 était presque totale. J'avais pu cependant effectuer les mesures jusqu'au milieu du phénomène, la densité de l'ombre étant relativement faible. Au contraire, je n'ai pu commencer les mesures de la dernière éclipse que quelques minutes avant la sortie de l'ombre, la densité de celle-ci étant trop grande : l'extinction donnée par l'analyseur tournant ne permettait pas d'affaiblir suffisamment l'éclat du bord brillant pour l'égaler à celui du bord éclipsé. L'ombre de la Terre a donc été, lors de cette dernière éclipse, *nettement plus sombre* qu'en 1921. Les mesures ne sont devenues possibles qu'à 3′ du bord de l'ombre géométrique, où la densité était 4,0 au lieu de 3,5 en 1921. Au bord même de l'ombre, la densité était encore 3,02, au lieu de 2,90. Au delà, dans la pénombre, les deux séries de mesures se rapprochent, et deviennent concordantes à 3′ du bord de l'ombre, pour le rester jusqu'à la limite de la pénombre.

Les courbes de densité en fonction de la distance au centre de l'ombre présentent une inflexion marquée en un point situé à 50″ environ à l'extérieur du bord de l'ombre géométrique. Seeliger avait prévu cette inflexion, qui explique l'agrandissement apparent de l'ombre, qu'on doit augmenter de $\frac{1}{50}$ de sa valeur dans le calcul des contacts. Mais la courbe théorique de densité calculée par Seeliger donne une variation beaucoup trop lente de la densité.

J'ai montré [1] que la densité de l'ombre est en relation avec l'activité

---

[1] *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1127 et 1207.

solaire. J'annonçais un procbain changement pour l'époque 1923, 4 ± 0,4, les éclipses antérieures à cette date devant être claires, et elles l'ont été, les éclipses immédiatement postérieures devant être grises et sombres. Les événements paraissent confirmer la prévision. Dans une récente Communication [1] M. J. Guillaume, dont les statistiques de taches solaires font autorité, écrit ceci : « L'apparition de trois nouveaux groupes (il y en avait eu un au mois de juin) dans les parallèles supérieurs à ± 20° semble marquer le commencement d'un nouveau cycle d'activité » (observations du troisième trimestre de 1923).

D'autre part, la dernière éclipse a été indubitablement sombre et grise. Mes mesures confirment pleinement les observations communiquées récemment par M. Esclangon.

Il resterait à expliquer la relation entre la densité de l'ombre et l'activité solaire, ou tout au moins, à localiser la cause des variations observées. On peut songer à deux ordres très différents de phénomènes, dont le siège serait, soit l'atmosphère terrestre, dont l'opacité changerait avec l'état du Soleil, soit les parties extérieures du Soleil, dont l'éclat subirait des fluctuations. Il semble dès maintenant possible d'écarter cette dernière hypothèse [2]. Ce sont vraisemblablement des changements périodiques d'opacité de notre atmosphère que décèlent les éclipses de Lune. A l'appui de cette hypothèse je puis invoquer les mesures du coefficient d'absorption de l'atmosphère effectuées en collaboration avec M. E. Bauer, à l'Observatoire Vallot, au mont Blanc, précisément en vue de rechercher une variation possible. Les valeurs du coefficient obtenues en 1923 sont nettement supérieures à celles de 1922.

OPTIQUE. — *Les états mésomorphes et la biréfringence magnétique.*
Note [3] de M. L. **Royer**.

Pour expliquer le fait que certains liquides placés dans un champ magnétique deviennent biréfringents, MM. Cotton et Mouton [4] admettent que

---

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 553.

(2) Le spectre de la Lune éclipsée montre d'ailleurs uniquement les raies d'absorption de l'air. On n'y a jamais relevé les raies de la couronne, qui ne doit donner qu'un éclairement insensible.

(3) Séance du 17 mars 1924.

(4) Cotton et Mouton, *Ann. Ch. et Phys.*, t. 20, 1910, p. 194.

cette biréfringence résulte d'une orientation des molécules par le champ magnétique. M. Langevin [1] a développé une théorie de la biréfringence magnétique en admettant que des molécules anisotropes subissent une orientation par le champ magnétique. Il y donne certaines lois quantitatives qui ont été vérifiées par l'expérience. Nous avons essayé d'appliquer ces mêmes lois aux corps mésomorphes, dont on a interprété aussi la biréfringence par une orientation spontanée des molécules.

I. En désignant par n_0 l'indice du liquide isotrope, par n_1 et n_2 les indices extraordinaire et ordinaire de ce même liquide rendu biréfringent par orientation des axes moléculaires, on doit trouver : $a = \frac{n_1 - n_0}{n_2 - n_0} = -2$. Connaissant la loi de variation de l'indice de réfraction en fonction de la température pour le domaine isotrope d'un corps mésomorphe, nous pouvons calculer un indice fictif n_0 pour une température située dans le domaine de l'état mésomorphe. En combinant les valeurs ainsi obtenues avec les valeurs observées pour l'indice ordinaire et extraordinaire de différents corps mésomorphes, nous obtiendrons une valeur pour a. On trouve $a = -2$ avec une approximation plus ou moins bonne suivant l'exactitude des mesures des différents auteurs. Cette valeur est la même pour toutes les longueurs d'ondes. Comme exemple nous citerons l'éthoxybenzalamino-méthylcinnamate d'éthyle.

D'après les mesures de MM. Dorn et Lohmann [2] on trouve pour a les valeurs suivantes :

Longueur d'onde de la lumière employée :

$\lambda = 5893$ U. A.

Températures.	$a = \frac{n_1 - n_0}{n_2 - n_0}$.
115°	−2,07
110	−2,04
105	−2,05
100	−2,09
95	−2,09
90	−2,09
40	−2,04

$\lambda = 6708$ U. A.

40	−1,95

$\lambda = 5461$ U. A.

40	−1,96

(1) LANGEVIN, *Le Radium*, t. 7, 1910, p. 249.

(2) DORN et LOHMANN, *Ann. der Phys.*, t. 29, 1909, p. 533.

II. La dispersion de la biréfringence magnétique suit la loi de Havelock :

$$\frac{1}{n_1^2 - 1} - \frac{1}{n_2^2 - 1} = \text{const.}$$

Dans le cas des corps mésomorphes cette loi ne se trouve pas toujours vérifiée. Dans un corps cholestérique, le cyanobenzalaminocinnamate d'amyle, il y a des écarts qui paraissent être systématiques. La valeur de $\frac{1}{n_1^2 - 1} - \frac{1}{n_2^2 - 1}$ semble être plus grande pour les courtes longueurs d'ondes que pour la partie rouge du spectre. Pour d'autres corps on peut considérer la loi comme vérifiée.

III. La théorie de la biréfringence magnétique prévoit que celle-ci diminue quand la température croît et que la variation est plus rapide que celle de l'inverse de la température absolue. Ces faits se retrouvent dans tous les corps mésomorphes considérés.

Il y a donc analogie frappante entre les corps montrant la biréfringence magnétique et ceux montrant l'état mésomorphe. Le signe optique de l'immense majorité des corps présentant la biréfringence magnétique est positif; de même tous les corps mésomorphes sont positifs, le signe négatif des corps cholestériques n'étant qu'apparent (1).

Les deux groupes de corps présentent des ressemblances remarquables au point de vue chimique. Ce sont à peu d'exceptions près, des corps organiques à molécules lourdes ayant une direction privilégiée. Les mêmes facteurs qui dans certains corps favorisent la production de la biréfringence magnétique ou son augmentation donnent naissance dans d'autres corps à l'état mésomorphe ou élargissent son domaine de stabilité. Inversement les corps d'un certain type dépourvus de biréfringence magnétique ne montrent pas non plus l'état mésomorphe, telles les combinaisons cycliques saturées.

On est ainsi amené à considérer le mécanisme du phénomène comme étant le même dans les deux cas. La biréfringence magnétique est due à l'orientation de molécules anisotropes par un champ magnétique extérieur; l'état mésomorphe est dû à une orientation mutuelle spontanée des molécules par un champ moléculaire.

---

(1) G. Friedel, *Ann. de Phys.*, t. **18**, 1922, p. 393.

PHYSIQUE. — *Excitation des spectres de l'argon, du krypton et du xénon* Note de M. **Georges Déjardin**, présentée par M. A. Cotton.

L'argon, le krypton et le xénon possèdent deux spectres entièrement distincts, désignés généralement sous les noms de *premier* et de *second* spectres. L'étude de la décharge lumineuse dans un tube sans électrodes a permis récemment (¹) de décomposer le second spectre de ces gaz en trois groupes correspondant à des degrés d'excitation croissante de l'atome et désignés par les symboles E_1, E_2, E_3.

J'ai obtenu la même différenciation en étudiant le développement du spectre de chacun des gaz considérés sous l'action excitatrice d'électrons de vitesse croissante. La présente Note complète, à cet égard, quelques Notes antérieures (²) relatives à l'argon et au krypton; elle a également pour objet d'indiquer très sommairement les conditions d'excitation des différents spectres du xénon.

Les appareils utilisés dans cette étude sont des tubes à trois ou quatre électrodes, dans lesquels la source d'électrons est un filament de tungstène incandescent. Ces tubes contiennent le gaz étudié sous une pression variant entre quelques centièmes de millimètre et 1^{mm} de mercure environ (³). L'étude des variations : 1° du courant d'ionisation, 2° du courant total produit par les électrons, en fonction du potentiel accélérateur, permet de déterminer avec précision les potentiels critiques du gaz (sauf le plus élevé). La plupart des observations d'ordre spectroscopique ont été faites par la méthode photographique; *elles s'étendent entre* 7000 Å *et* 2300 Å.

L'émission du premier spectre est observée dès que le potentiel accélérateur des électrons dépasse le *potentiel d'ionisation* ayant, pour chacun des trois gaz, la valeur suivante :

Argon..................	$15{,}2 \pm 0{,}2$ volt
Krypton................	12,7 »
Xénon..................	10,9 »

Le premier spectre est donc émis par l'*atome neutre* qui, après avoir été

(¹) L. Bloch, E. Bloch et G. Déjardin, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 766.
(²) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1347 et 1482; t. 176, 1923, p. 894.
(³) Les échantillons de gaz utilisés ont été spécialement préparés par M. A. Lepape.

ionisé, reprend par étapes successives l'état normal. Il constitue, suivant la terminologie courante, le *spectre d'arc* de chaque gaz.

Le second spectre est constitué par trois groupes correspondant à des tensions d'excitation de plus en plus élevées. A part quelques raies douteuses, *ces groupes peuvent être identifiés avec les trois spectres* E_1, E_2 *et* E_3 *fournis par la méthode de la décharge oscillante dans un tube sans électrodes.*

1° Il existe, pour le spectre E_1, deux limites d'excitation dont la netteté relative dépend de la pression et de l'intensité du flux d'électrons qui traverse le gaz. La plus faible ne peut être décelée que lorsque la pression est relativement élevée et le bombardement électronique suffisamment intense.

Argon......	19,0 ± 0,5 volt	34,0 ± 0,5 volt
Krypton....	15,5 »	28,25 »
Xénon......	13,0 »	24,25 »

La différence entre ces potentiels est, pour chaque gaz, égale au *potentiel d'ionisation*, correspondant à l'excitation du spectre d'arc. Le spectre E_1 doit être attribué à des ions monovalents, c'est-à-dire être considéré comme le *spectre d'étincelle du premier ordre*. Le premier seuil d'excitation de ce spectre n'est autre que le potentiel d'ionisation de l'ion monovalent. Le second correspond à l'extraction simultanée de deux électrons périphériques (potentiel d'ionisation double de l'atome neutre).

2° Les raies les plus intenses du spectre E_2 apparaissent lorsque le potentiel accélérateur dépasse la valeur critique suivante :

Argon..........................	70 ± 2 volts
Krypton........................	59 »
Xénon..........................	51 »

Un grand nombre d'autres raies, dont l'évolution est absolument analogue, sont visibles sur les clichés pour des tensions légèrement supérieures. Elles se développent progressivement et atteignent leur intensité maximum lorsque le potentiel appliqué dépasse de 15 volts environ le potentiel minimum d'excitation.

L'homogénéité du spectre E_2 est au moins comparable à celle du spectre E_1, dont il diffère d'une manière extrêmement nette (de même que le spectre E_1 diffère du spectre d'arc). On est donc en droit d'affirmer avec une haute probabilité qu'il est émis par des centres distincts et vraisemblablement par des ions doublement chargés (*spectre d'étincelle du second ordre*).

3° Un grand nombre de raies du second spectre, dont l'intensité est cependant notable dans le spectre des tubes de Plücker (illuminés par de

puissantes décharges condensées), sont invisibles sur les clichés correspondant aux tensions les plus élevées (100 volts). D'autres raies apparaissent très faiblement dans ces conditions, mais elles se distinguent nettement des raies E_1 et E_2 par leur évolution particulière. Avec la méthode de la décharge oscillante, ces raies d'excitation très élevée se rangent effectivement parmi celles qui apparaissent les dernières et demeurent courtes pour des potentiels de décharge considérables. Elles ont donc vraisemblablement pour véhicules des *ions portant au moins trois charges élémentaires.*

Les potentiels d'excitation des différents spectres de l'argon, du krypton et du xénon sont très sensiblement proportionnels entre eux. Le tableau suivant renferme (première colonne) les rapports des énergies d'ionisation double et simple et (deuxième colonne) les rapports du potentiel d'excitation du spectre E_2 au potentiel d'excitation du premier spectre.

Argon	2,24	4,61
Krypton	2,22	4,65
Xénon	2,22	4,68

Ces rapports sont égaux dans les limites de précision des déterminations. Ce résultat met nettement en évidence l'analogie de structure des couches électroniques où prennent naissance les spectres d'ordres successifs des trois gaz considérés.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la largeur des raies dans le spectre d'étincelle de l'hydrogène.* Note de M[lle] **M. Hanot**, présentée par M. A. Cotton.

Beaucoup d'auteurs ont signalé les « raies larges » qui caractérisent le spectre d'arc ou d'étincelle de l'hydrogène à la pression atmosphérique et les ont opposées aux « raies fines » obtenues à basse pression avec le tube de Geissler. Je me suis proposé, en partant d'une définition précise de la largeur d'une raie, de mesurer la largeur des premières raies de la série de Balmer et de chercher comment elle dépend de la pression.

Mais Hemsalech (1) a indiqué que si l'on ajoute dans le circuit de la décharge une self suffisante, les raies données par l'étincelle sous la pression atmosphérique sont nettes et fines comme elles le sont dans le tube de Geissler. Il convient donc en premier lieu de rechercher si l'augmentation de pression est bien la cause déterminante de l'élargissement constaté,

(1) *Journ. de Phys.*, 3e série, t. 8, 1899, p. 652.

ou si au contraire ce phénomène dépend dans une large mesure de la nature du circuit, que l'on peut caractériser par la période de l'étincelle et son amortissement. C'est ce travail préliminaire qui fait l'objet de la présente Note.

Si l'intensité lumineuse maxima au centre d'une raie spectrale est I_0, sa largeur est définie par l'intervalle des longueurs d'onde correspondant à l'intensité $\frac{I_0}{2}$.

Pour déterminer cette largeur, j'ai photographié les raies à étudier au moyen d'un réseau de Rowland donnant dans la région du spectre 5,6 A par millimètre; les clichés obtenus ont été étudiés avec le microphotomètre de Fabry et Buisson (¹) qui permet de mesurer en chaque point la densité D du cliché. Cette grandeur est reliée à l'intensité I par la relation

$$D = \gamma \log I + c, \tag{1}$$

γ étant un coefficient sensiblement constant pour une même plaque et une même région spectrale et indépendant du temps de pose.

J'ai employé une étincelle de 1^{mm} à 2^{mm} de longueur, jaillissant entre deux électrodes de platine dans une atmosphère d'hydrogène à la pression de $1^{kg},2$; elle est produite par la décharge d'un condensateur de $0^{\mu f},005$; une self additionnelle et une résistance liquide variable à sulfate de cuivre permettent de faire varier sa période et son amortissement.

Le caractère de l'étincelle a été étudié au miroir tournant par l'observation visuelle et par la photographie. En particulier, j'ai vérifié que si le circuit de décharge se compose simplement de l'éclateur et des fils qui le réunissent au condensateur, l'étincelle est oscillante et très amortie; j'ai déterminé la résistance R_c qu'il faut ajouter à ce circuit pour obtenir l'amortissement critique. Il est réalisé dans mes expériences par une colonne de la solution de SO^4Cu d'une longueur de 6^{mm} (environ 18^{ω}).

I. *Effet de l'amortissement.* — Les raies H_β et H_γ ont été photographiées :

1° Dans le cas de l'étincelle oscillante amortie (R faible);

2° Dans le cas de l'amortissement critique ($R = R_c$);

3° Dans le cas d'un amortissement plus grand ($R = 2,5 R_c$);

et j'ai construit, pour chaque cas, les courbes représentant les densités des clichés en fonction de la longueur d'onde (ces courbes seront publiées dans un autre recueil, ainsi que la description détaillée des expé-

---

(¹) *J. de Phys.*, 6ᵉ série, t. 5, 1919, p. 37, et *Revue d'Optique*, t. 3, 1924, p. 1.

riences). Ces courbes se déduisent l'une de l'autre par translation, ce qui, d'après la relation (1), prouve que *la répartition de l'énergie lumineuse est la même dans les trois spectres, c'est-à-dire qu'elle ne dépend pas du caractère oscillant ou non oscillant de l'étincelle.*

D'autre part, des plages de comparaison imprimées sur la même plaque en modifiant l'éclairement par des diaphragmes de diamètres connus permettent de déterminer la valeur de la constante γ et par conséquent de déduire des courbes la valeur des longueurs d'onde pour lesquelles l'intensité lumineuse est réduite à la moitié de sa valeur maxima. J'ai ainsi déterminé la largeur de quelques raies; dans les cas indiqués ci-dessus, j'ai trouvé 10 A pour H_α, 38 A pour H_β, 50 A pour H_γ, 65 A pour H_δ; ces résultats peuvent être considérés comme exacts à 3 A près.

II. *Effet des variations de période.* — J'ai étudié également les raies obtenues en ajoutant dans le circuit une bobine qui en augmente la self-induction. Dans ce cas, les courbes obtenues au microphotomètre sont plus pointues : *la largeur des raies diminue à mesure que la période du circuit augmente.* On se rendra compte de l'importance de l'effet observé par les nombres que voici, obtenus par la même méthode que les précédents :

Valeur approximative de la période.	$0{,}3 \times 10^{-6}$ sec.	$1{,}2 \times 10^{-6}$ sec.	$4{,}5 \times 10^{-6}$ sec.
Largeur de H_β	38^A	20^A	10^A
Largeur de H_γ	50	35	15

On peut sans doute rapporter ces résultats à un effet de température ou de pression; en effet, l'augmentation de la self, en diminuant l'intensité initiale du courant électrique $\left(\text{proportionnelle à } \sqrt{\frac{C}{L}}\right)$, diminue l'élévation instantanée de température et de pression produite par le passage de l'étincelle; cette augmentation de pression et cette élévation de température, localisées d'abord dans l'espace très étroit occupé par l'étincelle, se propagent ensuite avec une vitesse finie : la valeur à laquelle correspond l'émission lumineuse est d'autant plus élevée que le dégagement d'énergie est plus brusque, c'est-à-dire la période $2\pi\sqrt{LC}$ plus courte. Des expériences en cours ont pour but de vérifier si ces hypothèses sont admissibles et de préciser davantage le problème de la relation entre la pression et la largeur des raies, problème qui se trouve compliqué du fait que les conditions dans lesquelles se produit l'émission ne dépendent pas uniquement de la température et de la pression qui règnent dans l'ensemble de l'enceinte.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la décomposition des systèmes triphasés ne satisfaisant pas à la condition que la somme des vecteurs représentatifs est zéro.* Note [1] de M. **Louis G. Stokvis**, transmise par M. Blondel.

Nous avons démontré dans des Notes antérieures [2] que les vecteurs représentant les tensions et les intensités d'un système triphasé déséquilibré pouvait être décomposé dans deux systèmes équilibrés tournant en sens inverse, à condition que la somme de ces vecteurs soit zéro. Cette condition est remplie pour les courants de phase si le neutre n'est pas à la terre, mais elle cesse d'être satisfaite si ce n'est pas le cas. Pour les tensions de phase, cette condition *peut* être remplie, mais elle ne l'est pas nécessairement, car la loi de Kirchhoff n'est pas applicable aux tensions.

Si la somme des vecteurs représentant les tensions ou les courants de phase est zéro, chacun des vecteurs peut être représenté par la somme vectorielle de sa composante synchrone (désignée par l'indice s) et sa composante inverse (désignée par l'indice i). Cette propriété peut être déduite soit par un raisonnement purement géométrique, soit par un raisonnement purement électrique.

Soit (1-2-3) un triangle arbitrairement choisi, soit O un point également choisi arbitrairement, soit G le centre de gravité du triangle. Désignons :

(1 — 2) par A ;	(2 — 3) par B ;	(3 — 1) par C ;
(0 — 3) par a ;	(0 — 1) par b ;	(0 — 2) par c ;
(G — 3) par a' ;	(G — 1) par b' ;	(G — 2) par c'.

Nous appellerons le système (abc) le système général, le système $(a'b'c')$ le système réduit, et (ABC) le système composé.

Soit le déplacement du point neutre par rapport au centre de gravité $(G-O)=f$; et appelons la composante synchrone du système composé A_s, la composante inverse A_i, la composante synchrone du système réduit a_s et la composante inverse a_i.

Comme ces deux systèmes répondent à la condition que leur somme vectorielle est zéro, nous trouvons facilement en appliquant les théories déjà exposées :

$$A_s = j\sqrt{3}\,a_s \quad \text{et} \quad A_i = j\sqrt{3}\,a_i. \tag{1}$$

---

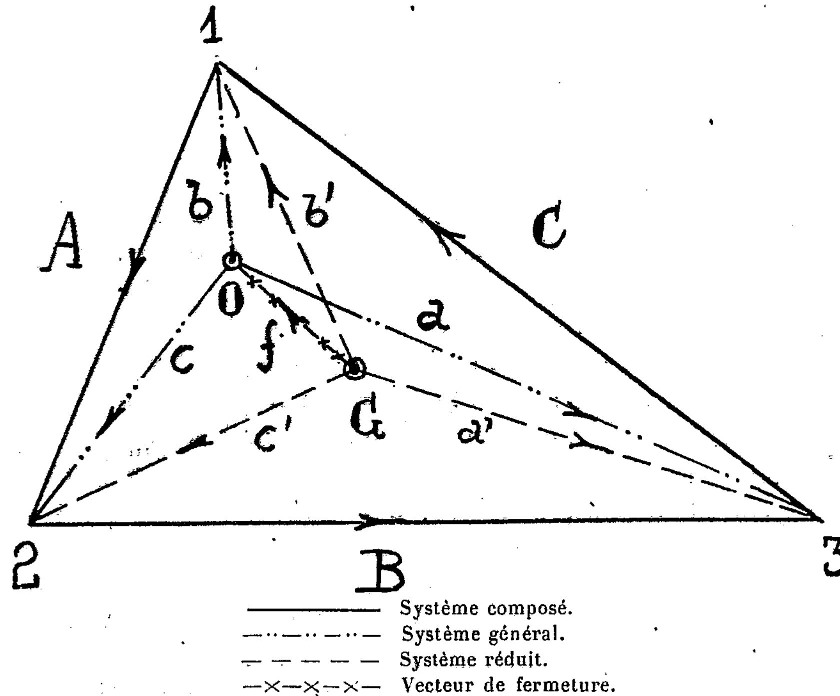
[1] Séance du 17 mars 1924.

[2] *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 46; t. 174, 1922, p. 1418-1420.

L'on peut démontrer par la géométrie vectorielle que

$$a + b + c + 3f = 0. \quad (2)$$

Le déplacement f n'est donc autre qu'un tiers du vecteur qui ferme la tracée des trois vecteurs *abc* dont la somme n'est *pas* zéro.



Si nous additionnons au vecteur de chaque phase le vecteur f, nous obtenons un système qui obéit de nouveau aux lois précédentes et la décomposition devient possible.

Pour la phase 1 nous obtenons [voir équation (1)].

$$b = b' + f = \frac{1}{i\sqrt{3}}(B_s + B_i) + f. \quad (3)$$

L'équation (3) nous apprend que, si la somme des vecteurs de phase n'est pas zéro, on peut superposer à chaque vecteur de phase un vecteur f défini par l'équation (2) et que nous appellerons le vecteur de fermeture, car il ferme le tracé vectoriel.

Si les vecteurs de phase représentent des tensions, la superposition du vecteur de fermeture au vecteur de phase, dont la somme est zéro, ne change

pas les tensions composées; le triangle est uniquement déplacé du même montant. Ceci s'explique électriquement, car des tensions de même grandeur, introduites dans chaque phase, déplacent le point neutre, mais n'ont aucune influence sur les tensions composées.

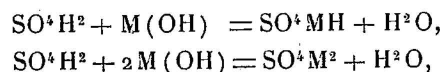
Par un raisonnement analogue pour les courants, on arrive à la conclusion suivante : Dans un système de trois vecteurs, dont la somme n'est pas zéro, chaque vecteur peut être décomposé en trois vecteurs dont l'un est le même pour chaque vecteur (vecteur de fermeture) et les deux autres les composantes synchrone et inverse du système réduit.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Viscosité des mélanges deux à deux d'acide sulfurique, de potasse et de soude*. Note de M. **L.-J. Simon**.

Le diagramme que reproduit la figure 1 a été construit en portant en abscisses les proportions centésimales d'acide sulfurique et d'alcali employés en solution de même titre moléculaire $\theta = 1$ et en portant en ordonnées les valeurs de la viscosité du mélange à la température de 15°.

Quantitativement et qualitativement le cas du sodium se distingue de l'autre : quantitativement, la viscosité des sulfates de sodium est notablement plus élevée que celle des sulfates de potassium ; qualitativement, on observe que les deux sels mono et bialcalin se mettent en évidence sur le diagramme, mais de manière opposée pour les deux métaux, alors que le sulfate monosodique offre le minimum de viscosité, pour le potassium, c'est le sulfate bipotassique. Et il en est de même pour le rubidium (*fig.* 2), pour lequel une expérience de comparaison a été instituée avec des solutions de titre moléculaire moitié des précédents.

Si l'on tient compte du titre moléculaire des sulfates dissous en admettant



$$SO^4H^2 + M(OH) = SO^4MH + H^2O,$$
$$SO^4H^2 + 2M(OH) = SO^4M^2 + H^2O,$$

c'est-à-dire que dans la figure 1 les sulfates SO^4MH sont au titre $\theta = 0,5$ et les sulfates SO^4M^2 au titre $\theta = 0,33$, on peut conclure que SO^4K^2 et SO^4KH ont une viscosité moléculaire voisine, sous le même titre — 124,8 et 122,3 pour $\theta = 0,5$ — alors que, au contraire, SO^4Na^2 et SO^4NaH ont des viscosités notablement distinctes : environ 129 et 139.10^{-4} pour $\theta = 0,5$ à 15°.

Pour pouvoir faire ces comparaisons : c'est-à-dire pour avoir la valeur de

la viscosité pour une concentration déterminée à toute température comprise entre deux valeurs fixées et d'autre part la viscosité pour des concentrations variables à une température déterminée, on a opéré comme suit :

Pour chaque dilution on fait une série de mesures — une dizaine — à des températures comprises entre le voisinage de 0° et le voisinage de 30°. En

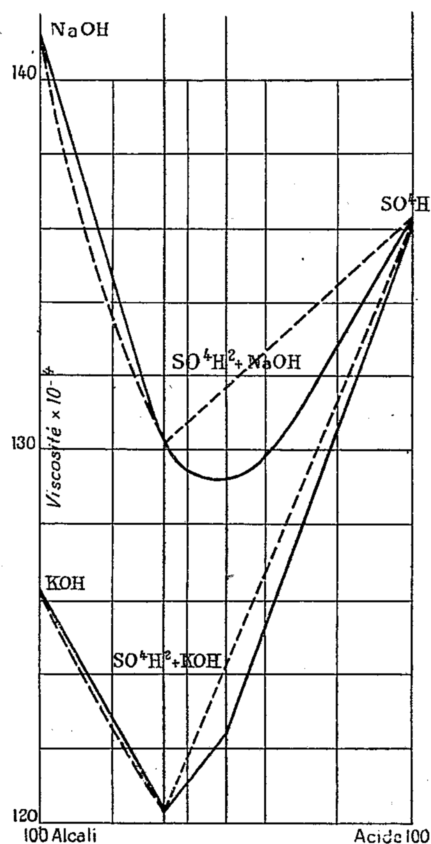


Fig. 1.

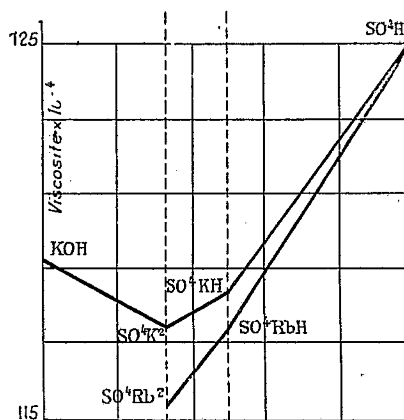


Fig. 2.

choisissant comme bases trois mesures *au voisinage* de 8°, 15° et 25°, on peut calculer les constantes a, b et k d'une formule hyperbolique de la forme $\eta = k\frac{a-t}{b+t}$. Après avoir vérifié qu'une telle formule s'accorde avec les autres mesures, on est autorisé à s'en servir pour une température donnée, 15°,0 par exemple. Pour fixer les idées, le tableau suivant représente les résultats ainsi calculés pour les mélanges d'acide sulfurique et de soude.

Na(OH) $\theta = 1$.	SO^4H^2 $\theta = 1$.	*a*.	*b*.	*k*.	$\eta_{15^\circ}\,10^{+4}$.
100	0	177,32	35,715	44,09 (8)	141,14
80	20	226,36(4)	32,215	29,92 (9)	133,98
70	30	215,58	31,116(1)	32,435(8)	131,57
65	35	209,47(7)	33,331(8)	32,245(6)	129,75
60	40	210,97(6)	32,762(9)	31,354(9)	129,47
55	55	196,21(7)	33,332(7)	34,335	129,11
50	50	153,48(4)	39,047(8)	50,445(7)	129,25
45	55	177,44(1)	35,142(3)	39,959(4)	129,45
30	70	203,93(9)	33,270(4)	33,526(7)	131,23
20	80	174,33(3)	36,063(7)	42,431(5)	133,29
0	100	198,79	34,451	36,770	136, 7

Les courbes représentées dans le diagramme par les traits discontinus ont été tracées par points en appliquant la règle des mélanges à SO^4K^2 et SO^4H^2

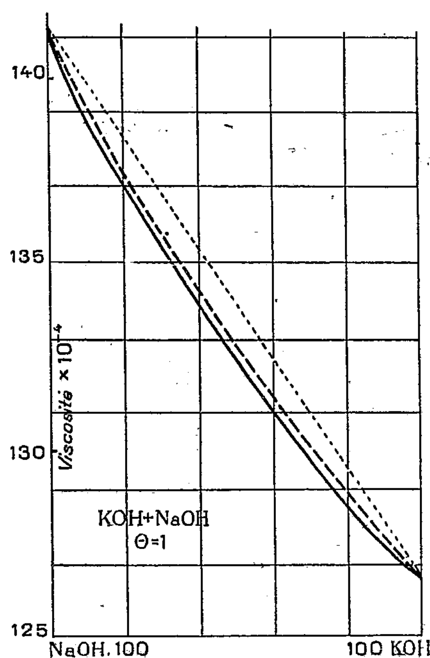


Fig. 3.

ou SO^4K^2 et KOH en affectant chaque substance de la viscosité qu'elle possède, à sa concentration dans le mélange, en supposant qu'il n'y ait aucune réaction. On a admis pour les très faibles concentrations que la viscosité leur est proportionnelle ; pour les concentrations moyennes (0,25 à 2,5) on peut représenter suffisamment la viscosité par l'exponentielle $Ae^{\beta\theta}$

dans laquelle A est la viscosité limite pour la dilution infinie (cela devrait être en toute rigueur la viscosité de l'eau) et β une constante pour chaque température par exemple à 15°.

	NaOH.	SO^4Na^2.	SO^4H^2.	SO^4K^2.	KOH.
$A.10^5$....	113	114	113,93	114,2	113,28
β........	0,2229(6)	0,2136(6)	0,1885(8)	0,1671(1)	0,1069(1)

Il résulte de ces valeurs que les mélanges des deux alcalis, soude et potasse, ont des viscosités qui ne se placent pas exactement sur une droite.

La figure 3 montre cet écart et met en évidence la concordance des valeurs observées avec les valeurs calculées au moyen des décréments ci-dessus.

En résumé : on peut suivre viscosimétriquement la neutralisation de l'acide sulfurique par les alcalis en solution aqueuse : à cet égard comme à beaucoup d'autres le sodium reste à l'écart des autres métaux alcalins.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les dissolutions superficielles et la loi des gaz.* Note de M. A. Marcelin, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai indiqué dans des Notes précédentes ([1]) qu'une quantité déterminée d'acide oléique s'étendait indéfiniment sur une surface illimitée d'eau propre, autrement dit, que l'extension se poursuivait bien au delà de la juxtaposition des molécules sur la surface, contrairement à ce qui semblait résulter des expériences de Lord Rayleigh et de M. Devaux. La comparaison d'une couche monomoléculaire à un lit de bouchons juxtaposés dont j'avais autrefois fait usage est une image grossière, et c'est plutôt le mouvement brownien qu'il convient d'évoquer : *le voile d'acide oléique, au delà de la juxtaposition moléculaire, forme sur la surface de l'eau un véritable gaz à deux dimensions, disons pour être plus précis une dissolution superficielle, qui peut être réversiblement comprimée ou détendue et dont la pression superficielle peut être à chaque instant mesurée.*

Contrairement à ce que j'avais cru primitivement, j'ai pu récemment vérifier, pour des surfaces comprises entre 2 et 9 fois la surface de saturation, que *ce gaz à deux dimensions obéit à la loi des gaz parfaits.* Si l'on donne arbitrairement la valeur $S = 1$ à la surface occupée par une quantité déterminée d'acide oléique à l'état de couche monomoléculaire saturée [on

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 502, et t. 177, 1923, p. 41.

sait qu'à une compression légère à partir de cet état correspond le début de la condensation des fluides ([1])], la suite des valeurs de la pression superficielle p et du produit pS correspondant aux valeurs successives et croissantes de la surface sont respectivement les suivantes :

S = 1 (saturation).	p = 40 dynes-cm		
S = 2...........	0,5	pS = 1	pS = const.
S = 3...........	0,33	0,99	
S = 4...........	0,24	0,96	
S = 5...........	0,192	0,96	
S = 6...........	0,178	1,07	
S = 7...........	0,144	1,008	
S = 8...........	0,12	0,96	
S = 9...........	0,086	0,77	
S = 10...........	0,067	0,67	
S = 11...........	0,048	0,53	
S = 12...........	0,036	0,43	

Entre S = 1 et S = 2 la courbe de compression devient fortement ascendante, les molécules sont alors extrêmement rapprochées les unes des autres; nous examinerons ultérieurement quelle relation il pourrait y avoir entre cette portion de la courbe et la loi de Van der Waals.

Le principe des mesures est resté le même : dans un corps de pompe on comprime le voile d'acide oléique à l'aide d'une bandelette-piston en mica paraffiné posée à plat sur l'eau et s'appuyant sur les parois latérales du corps de pompe; le corps de pompe est obturé par une seconde bandelette solidaire d'un fil de torsion vertical; pour apprécier les faibles torsions on se sert d'une méthode optique (spott et miroir).

Dans l'appareil que j'avais construit primitivement les parois verticales de la cuve à eau formaient les parois latérales du corps de pompe; il en résultait que des actions capillaires relativement importantes s'exerçaient entre la paroi verticale de la cuve et les extrémités de la bandelette-soupape, tendant à s'opposer aux déviations angulaires de cette dernière; j'ai pu me mettre à l'abri de ces actions qui provoquaient une sous-estimation importante des pressions superficielles, partiellement du moins, en constituant les parois latérales du corps de pompe par des bandelettes de mica paraffiné posées à plat sur l'eau comme le piston et la soupape.

Je considère comme très probable que la décroissance du produit pS, qui commence à se manifester pour une extension supérieure à S = 8, provient,

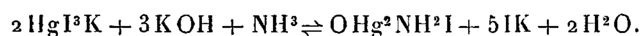
---

([1]) A. Marcelin, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 38 et 79.

d'une part, de ce que l'influence des actions capillaires commence à se manifester malgré les précautions prises, et, d'autre part, de ce qu'il est impossible de maintenir parfaitement propre la surface de l'eau extérieure au corps de pompe : les impuretés grasses, qui sans doute proviennent de poussières de l'atmosphère, exercent une pression antagoniste dont l'ordre de grandeur est comparable à celui des pressions qu'on se propose de mesurer.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Nouveau procédé de dosage titrimétrique des sels ammoniacaux.* Note de M. V. **Auger**, présentée par M. G. Urbain.

La coloration brune, fournie par le réactif de Nessler en présence de traces d'ammoniaque, provient d'une réaction réversible qu'on formule généralement :



$$2\,HgI^3K + 3\,KOH + NH^3 \rightleftharpoons OHg^2NH^2I + 5\,IK + 2\,H^2O.$$

Quelle que soit d'ailleurs la composition exacte du complexe mercurique formé, il est constant qu'il n'apparaît que lorsque le système contient à la fois NH^3 et $(OH)^-$ et que l'on doit pouvoir se servir de cette réaction aussi bien pour rechercher les alcalis que l'ammoniaque. L. Dobbin (¹) a en effet proposé l'emploi d'un mélange de mercuri-iodure de potassium et d'ammoniaque pour rechercher l'alcali libre dans les carbonates alcalins.

J'ai pensé que ce réactif, peu sensible aux ions $(OH)^-$ permettrait le dosage des sels ammoniacaux au moyen d'un alcali caustique titré, la coloration brune devant apparaître seulement alors que tout l'anion fixé à NH^{4+} a été saturé par l'alcali et lorsque ce dernier apparaît en excès. Les essais effectués montrent que ce dosage est pratique et qu'il fournit des résultats exacts dans des limites de dilution assez larges.

Le réactif est préparé en versant sur 5^g de IK une solution aqueuse, saturée de Cl^2Hg jusqu'à l'apparition d'un précipité persistant de I^2Hg; on dilue le tout jusqu'à 100^{cm^3} et ajoute alors avec précaution quelques gouttes de solution concentrée de IK jusqu'à disparition du précipité.

Voici le tableau des résultats obtenus pour le dosage de $ClNH^4$, en faisant varier la quantité de réactif et la dilution. La quantité de sel employé correspondait à 10^{cm^3} de NaOH normale pour saturer le Cl^-:

(¹) L. Dobbin, *Journ. ind. engin. chim.*, t. 7, 1888, p. 829.

Volume de solution.	Volume du réactif employé.				
	1^{cm^3}.	5^{cm^3}.	10^{cm^3}.	15^{cm^3}.	20^{cm^3}.
cm³ 25.......	9,8	9,9	10	10,05	»
50.......	9,5	9,85	9,95	10	10,1
100.......	9,35	9,75	9,90	10	19,1
150.......	9,25	9,65	9,85	9,95	10,05

On voit que : 1° pour de faibles quantités de réactif, le virage apparaît avant la saturation complète de l'anion, et d'autant plus tôt que la solution est plus diluée; 2° par l'emploi de 15^{cm^3} de réactif les résultats sont sensiblement les mêmes entre 50 et 150^{cm^3} de solution. Pour un volume plus fort, de 200^{cm^3} à 300^{cm^3} on emploierait avantageusement 20^{cm^3} de réactif. Le virage est considéré comme acquis lorsque la coloration jaune fugace qui se produit après chaque addition d'alcali fait place à un trouble persistant brunâtre; cette fin de dosage est très nette et se produit à une goutte près de solution normale d'alcali.

Des dosages effectués avec du nitrate et avec du sulfate d'ammonium ont donné des résultats rigoureusement identiques, et tout fait prévoir que la plupart des sels ammoniacaux se comporteront de même.

MINÉRALOGIE. — *Le produit de la déshydratation du kaolin.* Note de MM. V. Agafonoff et W. Vernadsky.

Il existe deux points de vue différents sur la composition du produit de la déshydratation du kaolin. D'une part [1], on a considéré ce produit (obtenu par le chauffage à des températures entre 450-550°C.) comme *hétérogène*, comme *un mélange mécanique* de Al^2O^3 et de $2SiO^2$; d'autre part, on l'a expliqué comme un corps *homogène* de formule $Al^2Si^2O^7$, l'*anhydride libre du kaolin* [2] [*leverrierite anhydre* [3]].

(1) G. Tammann et W. Pope, *Zeitschrift f. anorgan. u. allgem. Chemie*, 127 L., 1923, p. 45; J. Mellor, *Transactions of the Ceramic Society*, 22, St. on T., 1923, p. 401.

(2) П. Земятченский. К побнанию русских глин, P., 1923, p. 48; W. Vernadsky, *Transactions of the Ceramic Society*, 22, St. on T., 1923, p. 398.

(3) W. Vernadsky, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Russie*, 1923, p. 27.

Les expériences et les observations suivantes mettent l'homogénéité du produit hors de doute.

1. Nous avons étudié le kaolin blanc d'Aïn Barbar (Constantine) en Algérie [1] (collection du Muséum). Vu au microscope, il est homogène; il est formé de petites paillettes cristallines (dont les contours ne sont pas nets) qui agissent sur la lumière polarisée dans les sections inclinées; les sections transversales ont un allongement de signe négatif.

L'eau en extrait SO^3 et Cl en petites quantités.

L'analyse a donné les chiffres suivants :

SiO^2	46,65	Théorique	46,5
Al^2O^3	40,17	$H^2Al^2Si^2O^8H^2O$	39,5
Perte au feu	13,78		14,0
	100,60		

Le produit de la déshydratation a été obtenu par un chauffage à des températures 450-550° C. dans un four électrique.

2. La densité des poudres a été déterminée dans le bromoforme (mélangé d'éther) à la température du laboratoire.

Kaolin d'Aïn Barbar	2,58-2,59
Son produit de déshydratation	2,32-2,38

Les poudres sont parfaitement homogènes dans les liquides.

En préparant un mélange de Al^2O^3 et de SiO^2 en poudre, on trouve après un chauffage jusqu'à 550°-600° C. qu'il est *hétérogène* dans le bromoforme. Dans le bromoforme de densité 2,75, une partie (SiO^2) flotte à la surface, l'autre (Al^2O^3) se dépose au fond. Dans le bromoforme de densité 3,3, la plus grande partie de Al^2O^3 reste au fond (sa densité est ainsi plus grande que 3,3).

3. Vu au microscope *le produit de déshydratation est homogène*. La perte d'eau n'a pas sensiblement changé l'aspect de la poudre du kaolin : on voit les mêmes paillettes, biréfringentes en sections inclinées à allongement, optiquement négatives dans les sections transversales.

L'indice de réfraction (lumière blanche, méthode de l'immersion) est le suivant :

Kaolin d'Aïn Barbar	1,555
Produit de déshydratation	1,513

4. L'absorption d'une solution du bleu de méthylène, pour les poudres du

(1) A. LACROIX, *Minéralogie de la France*, t. 4, 1910, p. 748.

kaolin et de son produit de déshydratation donne une coloration intense, *très homogène*; par contre le mélange artificiel de SiO^2 et de Al^2O^3 traité de la *même façon* se montre *hétérogène* : les grains de SiO^2 ne se colorent pas, ceux d'alumine se colorent; ils se répartissent selon leur densité (l'alumine en bas).

5. Ainsi, on peut conclure de la façon suivante : *Après la perte d'eau (au-dessous de* 550° C. *le kaolin donne un produit homogène* $Al^2Si^2O^7$. *La décomposition en* Al^2O^3 *et en* SiO^2 *ne se produit pas.*

On admettait cette décomposition, en s'appuyant sur l'étude thermique du kaolin. Mais les effets thermiques peuvent avoir une autre explication ([1]).

L'anhydride kaolinique $Al^2Si^2O^7$, ainsi obtenu, est soluble dans les acides.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Nummulitique inférieur dans la région de Gâvre (Morbihan).* Note de M. **Louis Dangeard**, présentée par M. H. Douvillé.

Il n'a pas été signalé jusqu'à présent, dans le sud du massif armoricain, de calcaires éocènes marins antérieurs aux calcaires à *Nummulites Brongniarti* et à *Echinidés*, rangés dans le Lutétien par Vasseur ([2]), dans l'Auversien par Ferronnière ([3]). Ces calcaires à Nummulites sont connus au voisinage d'Arthon et de Chémeré (Loire-Inférieure), à l'île de Noirmoutier, à l'îlot du Four, sur le banc de Guérande, etc. Leur extension en mer est importante et peut être prévue, dans certains cas, par l'examen sur le rivage des galets et surtout des blocs arrachés aux affleurements sous-marins lors des tempêtes. C'est ainsi qu'on les a signalés près de Lorient dans la région de Gâvre ([4]).

J'ai pu étudier dernièrement les conditions de gisement, la répartition et le faciès des calcaires éocènes rejetés par la mer sur la plage du polygone de Gâvre; on les trouve généralement à l'état de blocs très abondants et de

---

([1]) W. Vernadsky, *loc. cit.*, 1923, p. 399-400.

([2]) Vasseur, Thèse de Doctorat, 1881.

([3]) G. Ferronnière, *Essai préliminaire à propos de la feuille au* 80000e *du Pilier et des fonds sous-marins du Mor-Braz* (*Bull. S. G. M. B.*, t. 2, fasc. 1, 1921).

([4]) G. Ferronnière, *Ibid.*, p. 230. — L. Collin, *Note sur la position hypothétique des terrains tertiaires du sud de Lorient* (*Ibid.*, p. 14).

grande taille, perforés par des Mollusques lithophages, des Annélides ou des Cliones, souvent encroûtés par des tubes de Serpules ou d'Hermelles, par des Balanes, des Algues calcaires, etc. Les plus volumineux ont été transportés par les vagues de tempête; les plus petits ont pu être apportés par les courants. Les grandes tempêtes du mois de janvier ont jeté à la côte un grand nombre de ces calcaires portant à leur surface des touffes d'Algues et dans leurs anfractuosités ou dans leurs perforations des Étoiles de mer et des Lamellibranches vivants. Les affleurements d'où ils proviennent sont évidemment situés à peu de distance du rivage et à une profondeur relativement faible.

La répartition de ces blocs est intéressante et leur faciès très varié : on observe en effet que des calcaires jaunâtres contenant en abondance *Nummulites Brongniarti* d'Arch. et Haime sont très nombreux au milieu du polygone et au voisinage des roches de Magoëro; des calcaires blanchâtres à *Alveolina* et *Orbitolites* abondent près de la grande butte de tir : ces deux faciès appartiennent au Nummulitique moyen. Enfin, sur la plage même de Gâvre, on trouve surtout des blocs ou des plaquettes (dont le diamètre peut atteindre $0^m,50$) de calcaires glauconieux pétris de Nummulites variées et d'autres Foraminifères. J'ai soumis ces derniers échantillons à l'examen de M. Douvillé qui a pu noter la présence de

Nummulites globulus, Leymerie;
Nummulites planulatus, A et B. Lmk;
Nummulites Murchisoni, Rutimeyer;
Assilina granulosa, d'Archiac;
Operculina canalifera, d'Archiac;
Orthophragmina;
Alveolina oblonga, d'Orbigny.

Ces calcaires, dont la faune est nouvelle pour la région, sont donc plus anciens que ceux qui avaient été signalés jusqu'à présent; ils appartiennent au Nummulitique inférieur, sans doute à l'Yprésien.

La conclusion qui paraît s'imposer est la suivante : il existe en mer, au voisinage de Gâvre, une succession de calcaires à Nummulites dont les plus anciens remontent au moins à l'Yprésien et fournissent une faune de Foraminifères, comparable à celle des gisements du Sud-Ouest. C'est là un jalon précieux entre les formations d'âge éonummulitique du Bassin de Paris et celles de l'Aquitaine.

GÉOLOGIE. — *Observations sur la nature des mouvements récents de l'Albanie occidentale.* Note [1] de M. **Jacques Bourcart**, présentée par M. Louis Gentil.

Dans une précédente Note [2], j'ai montré, par des faits géologiques, que l'Albanie avait été le siège d'un mouvement orogénique continu jusqu'à l'époque actuelle, mouvement dont le résultat avait été le soulèvement progressif d'anticlinaux en dehors de l'Adriatique. Des arguments archéologiques conduisent à la même conclusion.

L'été dernier, j'ai eu l'occasion d'observer quelques faits très particuliers dans la région de Durazzo, où une mission archéologique française a obtenu la concession des fouilles sur le site de la ville antique de Dyrhacchium.

Les premiers sondages que fit faire le chef de la mission, M. Léon Rey, ont montré que, sur la colline qui domine la ville actuelle, le « sol romain » actuellement recouvert se trouve à $1^m,20$ ou $1^m,50$ au-dessous du sol actuel. En revanche, au voisinage de la lagune, un sondage n'a atteint le pied d'un mur romain qu'à $6^m,10$, c'est-à-dire à $1^m,40$ *au-dessous du niveau de la mer*; dans la Rruga Pazarit, à l'extrémité sud de la ville actuelle, un autre sondage n'a pas atteint le pied d'un mur à $5^m,05$ de profondeur. Or, dans le voisinage de ce dernier sondage, pendant la guerre, la mission archéologique autrichienne a découvert, à une profondeur analogue, une très belle mosaïque qui devait faire partie d'une maison privée. Il ne peut donc pas s'agir ici de constructions sous-marines du port antique; un tassement d'alluvions ne peut pas non plus expliquer cet abaissement du sol romain, car aucun fleuve ne se jette dans la mer en ce point; les constructions romaines sont du reste bâties sur fondations.

M. Rey me demanda d'expliquer ce phénomène singulier qui paraît en contradiction avec tout ce que nous savions de la côte albanaise. Celle-ci offre, en effet, le type classique d'une côte en voie de surrection.

La ville actuelle de Durazzo, moins étendue que la ville antique, se trouve au pied de la colline qui représente les vestiges d'un anticlinal formé de Pontien (conglomérats), de Plaisancien et d'Astien, entaillé à pic par l'érosion marine.

Cet anticlinal qui se termine au nord par la presqu'île du cap Palë, interrompu par le golfe de Durazzo qui se trouve en un point d'abaissement de l'axe, se continue ensuite vers le sud du cap Lagi au Semeni. Un autre anticlinal parallèle, à l'est du précédent, se poursuit de l'embouchure de l'Arzen au nord, au Shkumbi au sud.

La colline de Durazzo est reliée à cet anticlinal par deux cordons littoraux qui isolent de la mer une lagune étroite, qui se trouve à peu près dans l'axe du synclinal. Celui-ci, de l'autre côté du golfe, se continue par la dépression marécageuse de Kavaja, autrefois parcourue par le Shkumbi.

---

[1] Séance du 17 mars 1924.

[2] *Comptes rendus,* t. 178, 1924, p. 953.

On pourrait à première vue prendre la région de Durazzo pour une île réunie à la terre par un *tombolo* double. Il est pourtant impossible d'admettre, comme on l'a dit souvent, que Durazzo a été une île à l'époque romaine, qui n'a été rattachée que récemment au continent. La branche nord de la *Via Egnatia* longeait la plage même du golfe, pour aller de Dyrhacchium à Clodiana (Pekinj) par le Shkam (Sasso Bianco), l'antique Petra, où eut lieu un combat entre les armées de César et de Pompée. La lagune était donc beaucoup plus réduite à l'époque romaine qu'aujourd'hui ; la grande étendue de la ville antique doit aussi le faire supposer.

Les anticlinaux de la région offrent par conséquent des traces non douteuses d'un mouvement lent de surrection, alors que le synclinal, dont l'axe passe au point même du sondage le plus profond, ne peut avoir subi qu'un mouvement d'affaissement. La seule explication possible de ces faits serait que la région a été affectée, de l'époque romaine à l'époque actuelle, par un mouvement tangentiel dont la conséquence a été *la surrection des anticlinaux et l'abaissement des synclinaux par rétrécissement de la zone plissée.*

Nowack [1] avait du reste déjà fait quelques observations qui ne peuvent être expliquées autrement.

Ainsi le petit ruisseau de Kavaja, qui suit le bord du deuxième anticlinal pour se jeter dans le golfe de Durazzo, a entaillé trois terrasses très nettes sur sa rive droite alors que de pareilles formations manquent complètement sur sa rive gauche. Ce géologue pensait que, comme le Darçi qui se jette un peu plus au sud, cette rivière a en quelque sorte *glissé* dans le fond du synclinal. Nowack a découvert une disposition tout à fait analogue pour la Vjusa qui a également entaillé à Busmazi, sur le côté droit de sa vallée, trois terrasses qui manquent sur le côté gauche. Il admet, pour expliquer ce fait, un arrêt ou une diminution du processus de soulèvement dans les régions synclinales.

L'hypothèse d'un mouvement de plissement actuel en Albanie, avec abaissement du fond des synclinaux et surrection des crêtes anticlinales, permet d'expliquer tous les faits que j'avais relatés dans ma précédente Note. Ce mouvement qui se produit du nord-est vers le sud-ouest a comme résultante finale une surrection générale de tout le pays : les plis sont de plus en plus accentués en allant vers l'intérieur, le résultat final est l'accolement, voire le chevauchement des flancs des deux anticlinaux.

---

(1) E. Nowack, *Ueber nachtertiäre Faltenbewegungen in Albanien* (*Geol. Rundschau*, XII, 1-2, Leipzig, 1921, p. 44, 48, 51).

Un fait qui est encore en faveur d'une pareille hypothèse est la fréquence, suivant l'axe des synclinaux, de séismes qui sont à peu près limités à ceux-ci. Ami Boué avait déjà signalé que le tremblement de terre de Scutari (1851) s'était fait sentir jusque dans la région de Mati. Au cours de mon premier séjour en Albanie, j'avais pu observer en 1920 trois tremblements de terre localisés et très violents à Ljaskoviki, à Tepeleni et à Elbasan, qui ont presque complètement détruit les deux premières villes, mais ont été à peine ressentis à Koritza. Enfin ces monuments antiques portent souvent en Albanie la trace de tels mouvements.

Il me paraît donc possible d'émettre l'hypothèse que les mouvements qui ont présidé à la formation de la zone littorale de l'Albanie sont surtout des mouvements orogéniques. Si l'on étend cette hypothèse aux temps tertiaires, il devient alors facile d'expliquer la coexistence du soulèvement général avec la formation des sillons miocènes comme les caractères si particuliers : facies toujours de faible profondeur et épaisseur considérable des sédiments dans les synclinaux du Flysch. La continuité de ce mouvement explique aussi l'évolution si curieuse du réseau hydrographique albanais.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur quelques cas de transformation des nuages en ondes parallèles.* Note de M. **Albert Baldit**, présentée par M. Bigourdan.

Parmi les variétés de nuages qui proviennent d'un mouvement ondulatoire de l'atmosphère (en prenant ce terme dans un sens très large), deux s'observent le plus fréquemment : les *ondes ou stries nuageuses* à alignements parallèles, analogues aux crêtes de la houle marine, qui donnent un aspect caractéristique aux ciels à cirro-cumulus et à alto-cumulus; les *nuages ondulés* isolés dont le type fusiforme est le plus simple, et qui rentrent dans la catégorie générale des nuages *lenticulaires* de la « Classification Internationale des Nuages ».

Un mouvement ondulatoire ne donne pas nécessairement naissance à une série d'ondes nuageuses, à un nuage ondulé, ou simplement à un nuage. Nous en avons donné un exemple caractéristique (¹). Les ondulations sont un phénomène très général qui ne se traduit sous les apparences nuageuses que lorsque certaines conditions atmosphériques sont remplies, en particulier lorsque l'humidité de l'air est suffisante.

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 120.

Si la nappe d'air affectée par le mouvement ondulatoire est loin d'être saturée, le mouvement est invisible (dans le cas des amplitudes ordinaires), mais il peut être rendu apparent localement par suite de circonstances spéciales. Une élévation adiabatique d'une partie de la nappe, amenant la saturation, produit ce résultat. Les longueurs d'onde sont seulement un peu modifiées, en raison de la variation des densités qu'entraîne l'exhaussement de l'ensemble.

Cette remarque nous a conduit à étudier l'effet que produit sur un système d'ondes formées à la surface de séparation de deux couches d'air, un mouvement adiabatique d'*élévation*, d'*abaissement* ou d'*inclinaison*. Afin de rester dans des conditions particulièrement simples, nous avons supposé que la surface de séparation était primitivement horizontale, que la couche inférieure était saturée, la couche supérieure sèche, et que l'amplitude du mouvement ondulatoire ne dépassait pas les limites de la stabilité.

Dans le cas d'une élévation uniforme, les ondes nuageuses, d'abord régulières, c'est-à-dire avec intervalles égaux de ciel clair et de ciel nuageux, s'épaississent, en restant identiques les unes aux autres, et se rapprochent. Si l'élévation est suffisante, elles se soudent et forment une nappe nuageuse continue. Le mouvement ondulatoire peut d'ailleurs persister à la surface de cette nappe et être visible par les variations d'épaisseur ou par les ombres formées en éclairage horizontal.

Si l'abaissement est uniforme, les ondes s'amincissent en restant toujours identiques les unes aux autres, et finissent par disparaître si l'abaissement est suffisant.

Lorsque la surface de discontinuité, où se forment les ondes, prend une certaine inclinaison et se relève, les ondes nuageuses ne gardent plus un aspect uniforme. Elles s'épaississent de plus en plus à mesure qu'on s'avance vers des niveaux plus élevés, et, si le mouvement est étendu, on arrive progressivement à une surface nuageuse continue.

Lorsque la surface de discontinuité s'incline vers le bas, l'effet est inverse. Les ondes s'amincissent de plus en plus à mesure qu'on descend vers des niveaux plus bas, jusqu'à ce qu'on arrive au ciel clair.

Enfin un pivotement autour d'un axe, contenu dans le plan de séparation, donne une combinaison des deux aspects précédents, c'est-à-dire des déformations de sens contraire, de part et d'autre d'une bande centrale qui reste inaltérée.

Dans le cas d'une inclinaison, l'angle d'inclinaison se calcule aisément en

fonction de l'amplitude, de la longueur d'onde et du nombre de bandes déformées.

Les résultats qui précèdent sont susceptibles d'applications générales. Dans le cadre restreint que permet l'observation directe, ils expliquent certaines particularités que l'on constate dans les deux catégories de nuages étudiées : *ondes ou stries nuageuses, nuages ondulés ou lenticulaires.*

Les nuages lenticulaires débutent parfois par une série d'ondes parallèles qui se soudent les unes aux autres et produisent finalement un véritable nuage ondulé à surface continue. Dans certains cas les ondes ne parviennent pas à se souder, et le nuage est formé d'un assemblage de bandes nuageuses et de bandes de ciel clair.

Dans ce cas, le mouvement ondulatoire préexistait, mais il était invisible, l'humidité n'étant pas suffisante. Le mouvement local d'élévation qui donne naissance au nuage lenticulaire, rend les ondulations apparentes.

On observe assez souvent l'effet inverse, en particulier dans l'étage cirro-cumulus. Une nappe nuageuse, qui apparaît d'abord comme continue, se résout au bout de quelques instants en une série de stries parallèles. Le mouvement ondulatoire existait déjà à la surface du nuage, mais les crêtes et les creux des vagues étaient noyés dans la masse. L'abaissement, en dissolvant d'abord les creux, rend les ondulations visibles.

Dans un ciel clair, une nappe nuageuse continue, à forme grossièrement lenticulaire, c'est-à-dire inclinée dans diverses directions, présente des bandes nuageuses parallèles d'autant plus nombreuses que la nappe paraît plus aplatie. Le nombre des bandes (généralement déformées en flocons) doit être compté dans le sens de la pente.

Un phénomène en quelque sorte inverse, et plus rare, est à rapprocher de celui-ci. Dans une nappe nuageuse continue nettement en pente, on distingue quelquefois une ouverture à peu près circulaire de ciel clair, bordée de rides. Ces rides sont d'autant moins nombreuses que la pente est plus accusée (obs. du 12 octobre 1923). Si l'ouverture circulaire est incomplète, le nuage prend une forme en U et rentre dans la catégorie curieuse des *nuages en fer-à-cheval* [deux nuages lenticulaires sont généralement accolés dans ce cas (obs. du 10 août 1922)].

La transformation des nuages est donc bien celle qui a été indiquée et dont rendent compte les mouvements adiabatiques d'élévation, d'abaissement ou d'inclinaison, lorsqu'ils se superposent à un mouvement ondulatoire déjà existant. Mais la vérification quantitative est plus difficile. Par exemple, si l'on cherche à calculer l'angle d'inclinaison d'une surface

nuageuse d'après l'amplitude et le nombre des bandes, on se rend compte que la déformation accidentelle des ondes rend toute précision impossible. Nous avons pu nous assurer seulement dans quelques cas d'observations favorables de nuages lenticulaires que l'inclinaison de la surface du nuage et le nombre des bandes s'accordaient comme ordre de grandeur avec le calcul.

Il y a lieu de remarquer que des conditions atmosphériques différentes peuvent donner des aspects nuageux analogues. En particulier, une augmentation d'humidité produit des modifications analogues à celles provenant d'un mouvement d'élévation adiabatique. Toutefois l'étude de chaque cas permet de trouver des caractéristiques qui différencient dans le détail les aspects les uns des autres.

CHIMIE AGRICOLE. — *Accroissement de la fertilité par la dessiccation du sol à l'air dans les conditions naturelles.* Note [1] de M. A. **Lebediantzeff**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

L'accroissement de fertilité du sol, qu'on a observé à la suite de sa dessiccation à l'air produite artificiellement [2], devait vraisemblablement se produire dans les conditions naturelles.

I. En 1919, nous avons pris dans un champ labouré des mottes de terre sèche et, tout à côté, des mottes de terre humide et institué des essais de culture en pots avec ces échantillons, amenés d'ailleurs, par une addition convenable d'eau pure, à la même humidité. Nous avons opéré de même sur plusieurs champs et avons obtenu les résultats ci-après :

Culture de millet.

Provenance et date de prélèvement des mottes.	Humidité des mottes prélevées pour 100 de terre absolument sèche.		Rendement des mottes sèches pour 100 de récolte fournie par les mottes humides correspondantes		
	Mottes humides.	Mottes sèches.	Poids total.	Grain.	Paille.
Jachère nue, 7 avril.....	33,6	8,5	100	113	88
Jachère nue d'automne, 24 avril...	30,3	7,7	196	197	194
Jachère nue d'automne, 23 juin....	25,3	3,7	121	94	142
Moyennes..........			139	135	141

(1) Séance du 3 mars 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 793 et 960.

Les mottes de sol desséchées naturellement ont présenté, dans l'ensemble, le même phénomène d'accroissement de la fertilité que nous avions observé déjà pour la terre artificiellement desséchée.

2. En 1916 et 1917, nous avons fait des expériences en plein champ concernant la dessiccation. Dans une parcelle de $4^m \times 1^m$, on a enlevé la couche superficielle du sol sur une épaisseur de 15^{cm}; on l'a séchée sur des feuilles de tôle, à côté de la parcelle, et, après l'avoir humectée, on l'a remise en place. On a fait la même chose sur les parcelles de contrôle, mais sans soumettre la couche superficielle à la dessiccation. Les rendements des plantes ensemencées ont montré l'accroissement sur les parcelles desséchées.

Plantes cultivées.	État de culture du sol.	Rendements des parcelles desséchées pour 100 de rendements des témoins correspondants. Poids total.	Grain.	Paille.
Millet sarrasin.	Assolement triennal non amendé.	129	116	131
		114	111	116
Avoine.	Assolement triennal non amendé.	116	134	108
	Assolement triennal fumé.......	123	120	126
Millet.	Assolement triennal non amendé.	105	112	99
	Assolement triennal fumé.......	113	109	116
	Terre en friche................	119	121	117
	Moyennes.....	117	118	116

Les plantes croissant dans les conditions naturelles en plein champ ont accusé, à la suite de la dessiccation du sol, un accroissement de rendement analogue à celui observé précédemment dans les expériences en pots.

3. Enfin, en 1920, nous avons recueilli, relativement à l'humidité des couches superficielles du sol, de nombreuses observations qui établissent qu'un degré de dessiccation des mottes jusqu'à 3 ou 5 pour 100 est souvent atteint au bout de quelques heures à la suite du labour à la charrue; au bout de trois semaines, on a pu observer à la surface du sol une couche de 4^{cm} (le quart de la couche arable ordinaire) ayant acquis le degré de sécheresse nécessaire à l'augmentation des rendements.

La dessiccation temporaire des couches superficielles du sol dans les conditions naturelles apparaît donc assez nettement comme devant opérer une action favorable sur la fertilité.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le mécanisme de la production de l'acide β-oxybutyrique par voie biochimique.* Note de M. **Lemoigne**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

J'ai indiqué antérieurement ([1]) que les macérations aqueuses des corps microbiens d'un bacille du groupe *Bacillus subtilis* s'enrichissent de plus en plus, jusqu'à un certain maximum, en acide β-oxybutyrique. J'ai émis l'hypothèse que cet acide provient d'une matière de réserve accumulée dans les cellules de la bactérie. Au cours des recherches que je poursuis sur la nature de cette substance, j'ai réussi à extraire en proportion notable des corps microbiens macérés, à l'exclusion presque complète des corps microbiens vivants, un produit insoluble, cristallisable et dont la présence semble en relation étroite avec la formation d'acide β-oxybutyrique.

I. *Préparation.* — Après avoir soumis les bactéries à l'autolyse dans l'eau distillée pendant trois jours, je les épuise par l'alcool bouillant. Ce solvant entraîne une substance extrêmement peu soluble à froid et qui se précipite par le refroidissement sous la forme de flocons constitués par des cristaux microscopiques. Ce précipité, qui devient pulvérulent par dessiccation, représente environ 10 pour 100 du poids sec des microbes traités.

La purification est effectuée par cristallisations repétées dans l'alcool bouillant, puis lavages par l'éther et par l'eau chaude. Finalement, on dessèche dans le vide.

II. *Propriétés physiques.* — Pur, ce produit se présente sous la forme d'une poudre parfaitement blanche. Au microscope, il apparaît constitué par de fines aiguilles cristallines groupées en étoiles ou sphérules épineuses.

Son point de fusion est nettement à 118°-119°.

Il est extrêmement soluble dans l'alcool à 96° bouillant. A 18°, une partie de cette substance se dissout dans 4000 parties d'eau distillée, 1125 parties d'alcool à 96° et dans 2230 parties d'éther sulfurique.

La faible solubilité de ce composé m'a empêché jusqu'ici d'examiner son action sur la lumière polarisée.

III. *Propriétés chimiques.* — Ce produit ne contient que du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène.

Le carbonate de sodium à 10 pour 100 le dissout lentement à froid en

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1761, et t. 178, 1924, p. 253.

donnant une solution colloïdale de laquelle l'addition d'un acide précipite le produit primitif à l'état gélatineux.

La soude et la potasse ont au contraire une action plus rapide et plus profonde. Si l'on fait agir la soude en solution aqueuse sur cette substance, on constate sa solubilisation complète et définitive : l'acidification ultérieure ne la précipite plus. D'autre part il y a formation de sels de sodium : ainsi 1^g de produit sature $0^g,458$ de soude. Enfin la solution obtenue est lévogyre : $0^g,966$ amené à un volume de 44^{cm^3} donne une déviation de $-1°4'$ au tube de 40^{cm}.

Le mélange de sels ainsi obtenus est constitué par de l'α-crotonate et du β-oxybutyrate de sodium.

Caractérisation de l'acide α-crotonique ($CH^3 - CH = CH - COOH$). — La solution contenant les sels de sodium est acidifiée par la quantité théorique d'acide sulfurique, puis distillée dans un courant de vapeur d'eau. Le distillat est recueilli dans de la soude normale. On trouve ainsi, sous forme d'acide volatil, environ le tiers de l'acidité totale. Ce distillat est concentré au bain-marie en milieu alcalin et le résidu est repris par quelques gouttes d'acide sulfurique à 50 pour 100 et mélangé à du plâtre sec. La poudre obtenue est épuisée par l'éther anhydre qui, évaporé à la température du laboratoire, abandonne les cristaux caractéristiques de l'acide α-crotonique, à un état très pur (fusion à 72°).

Caractérisation de l'acide β-oxybutyrique ($CH^3 - CHOH - CH^2 - COOH$). — Sur le liquide acide débarrassé d'acide α-crotonique il serait facile de caractériser l'acide β-oxybutyrique par son pouvoir rotatoire. C'est une expérience que le manque de produit m'a empêché de faire. Je suis arrivé au même résultat de la manière suivante. Je calcule la quantité d'acide β-oxybutyrique qui correspond à la déviation de la liqueur acide. J'en déduis la quantité de sel de sodium que peut fournir cette solution et, par suite, la rotation que doit donner ce sel de sodium. D'autre part, j'observe directement la rotation produite en milieu alcalin, et je constate une concordance très bonne entre les résultats calculés et les résultats observés.

	Déviation calculée pour 100.	Déviation observée pour 100.
Première expérience.......	$-0°40'$	$-0°38'$
Deuxième expérience.......	$-1°13'$	$-1°11'$

Cette concordance ne peut s'expliquer que par la présence de l'acide β-oxybutyrique.

J'ai cherché à confirmer ce résultat par d'autres méthodes. La solution

provenant de la saponification est acidifiée, puis concentrée au bain-marie pour chasser l'acide α-crotonique. Le sirop obtenu est oxydé par le mélange chromique et distillé. Le distillat rectifié donne de l'acétone caractérisée, notamment par la réaction de l'orthonitrobenzaldéhyde (formation d'indigo). D'autre part, du sirop préparé de manière identique est distillé en présence d'un peu d'acide sulfurique. Les dernières portions du distillat cristallisent. Les cristaux essorés fondent à 72° (réaction de l'acide α-crotonique).

D'après la déviation polarimétrique observée, l'acidité due à l'acide β-oxybutyrique correspond aux deux tiers de l'acidité totale formée.

Conclusions. — Il résulte des faits exposés ci-dessus que la formation microbienne d'acide β-oxybutyrique s'accompagne de la synthèse d'un produit cristallisable insoluble, qui n'a pas été signalé jusqu'ici et qui, par hydrolyse alcaline, donnerait une molécule d'acide α-crotonique et deux molécules d'acide β-oxybutyrique.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'équivalence physiologique de l'anhydrobiose et de l'athermobiose dans la réactivation des organismes hétérodynames.* Note de M. **E. Roubaud**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

J'ai montré précédemment [1] comment le froid de l'hiver intervenait à la facon d'un réactivant obligatoire chez certains organismes (Muscides hétérodynames) dont le cycle des générations successives est brusquement interrompu par une période d'asthénie spécifique (asthénobiose) liée à la surcharge excrétrice. Ces organismes, en état latent d'intoxication, sont astreints, sous peine de mort, à subir les effets d'une période prolongée de vie à basse température (athermobiose), agissant comme une détente en diminuant les échanges métaboliques et permettant la reprise ultérieure de l'activité évolutive.

J'ai également indiqué, en donnant comme exemple l'Anthomyide *Mydæa platyptera* (= *Phaonia querceti* B.) dont certains individus peuvent être réactivés, en l'absence du froid, par la chaleur *sèche*, que l'anhydrobiose pouvait concourir aux mêmes résultats que l'athermobiose en raison des entraves qu'elle apporte aux manifestations actives du métabolisme.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 964, et *Bull. Biol. France et Belgique*, t. 56, n° 4, 1922, p. 455.

Les expériences nouvelles que j'ai réalisées sur un autre Muscide, la petite mouche des maisons *Fannia canicularis* L., confirment cette conception.

Fannia canicularis appartient également au groupe physiologique des hétérodynames. Les larves de la génération affectée d'asthénobiose cyclique passent l'hiver à basse température dans les fumiers, insensibles au début à l'action accélérante de la chaleur, *si elles sont placées en milieu humide*. Elles se réactivent au contraire à la chaleur au bout d'un temps plus ou moins prolongé si elles sont placées en état complet d'anhydrobiose. La réactivation survient sans que l'état de déshydratation soit modifié.

Des larves hivernantes de Fannia, obtenues de pontes en fin octobre, sont réparties en deux lots, le 15 novembre. L'un de ces lots est conservé à l'étuve à 22° C., en milieu complètement sec; l'autre est placé en milieu humide saturé, à la même température.

Les larves astreintes à l'*anhydrobiose rigoureuse* se nymphosent progressivement dans le courant de décembre et les éclosions se succèdent, normales, quoique lentes et irrégulières, du 17 janvier au 9 février, dans la proportion de 80 pour 100 des larves.

Au contraire, parmi les larves placées en *chaleur humide*, *aucune éclosion n'est constatée*. Ces larves, quoique mobiles, demeurent incapables d'évolution ultérieure. Plus la conservation à la chaleur se prolonge, plus la torpeur « hivernale » s'accentue. Mais la transformation peut survenir déjà après 15 jours de mise au froid, en condition humide.

Dans le cas que nous envisageons, l'anhydrobiose, pas plus que le froid, ne détermine l'arrêt de l'évolution initiale des organismes; celui-ci dépend d'une asthénie spontanée. Ce n'est pas, d'autre part, le retour de l'hydratation ou de la chaleur qui ramène l'activité. J'ai vérifié que l'action réactivante de l'anhydrobiose prolongée correspond bien, comme celle de l'athermobiose, à une mise au repos total de l'organisme et à l'arrêt des échanges azotés.

En chaleur humide, on peut déceler en effet, chez les larves de Fannia, une excrétion continue d'ammoniaque par la voie tégumentaire (¹). Cette excrétion ammoniacale caractéristique des larves de mouches en activité alimentaire, chez lesquelles elle traduit, même après cessation de l'alimentation, le terme ultime de la digestion azotée, disparaît au contraire complètement chez les larves de Fannia soumises à la condition d'anhydrobiose.

En milieu sec, ces laves suspendent donc la consommation de leurs

(¹) L'excrétion subsiste pendant 2 ou 3 jours, après obstruction artificielle de l'orifice anal, de la bouche et des orifices trachéens antérieurs et postérieurs.

réserves azotées. Comme l'athermobiose, l'anhydrobiose intervient en obligeant les organismes asthéniques à une cure brutale de repos physiologique et d'abstinence, favorisant la décharge ou épuration ([1]) par le jeu des organes excréteurs (tubes de Malpighi et corps gras).

Outre cette action réactivante lointaine, exercée par les conditions d'anhydrobiose prolongée, on peut également constater chez *Fannia canicularis* que le passage brusque du milieu humide à la condition d'anhydrobiose peut suffire parfois à provoquer le réveil rapide de l'activité. L'action, ici, se confond avec celle d'une excitation générale d'ordre tonogamique, comparable à celle que déterminent parfois, comme je l'ai indiqué, les excitants violents (brûlures, piqûres, etc.). De même que pour ceux-ci, les effets réactivants se montrent inconstants; ils dépendent de l'état plus ou moins profond de l'asthénie initiale.

Dans le lot de larves hivernantes de Fannia soumis à l'anhydrobiose, certaines larves ont repris leur activité évolutive dès le début et ont donné des imago plus d'un mois avant le réveil général de leurs congénères. Des larves du lot maintenu en chaleur humide pendant deux mois, placées brusquement en condition d'anhydrobiose, ont donné des pupes de 5 à 8 jours plus tard, et des éclosions ont pu être obtenues en une quinzaine de jours.

Si l'anhydrobiose peut exercer de deux manières différentes des effets réactivants, comparables à ceux de l'athermobiose, il ne s'ensuit pas cependant que ces deux facteurs puissent être remplacés indifféremment l'un par l'autre avec les mêmes avantages pour l'espèce. J'ai déjà indiqué que la réactivation à sec n'était pas favorable à l'Anthomyide *Mydæa platyptera* qui éclôt en condition arriérée ou anormale. Pour *Fannia canicularis*, sur plus de 50 individus développés dans les mêmes conditions, quoique en apparence parfaitement normaux, aucun n'a pu être amené jusqu'à la ponte. La réactivation par le froid en milieu humide convient mieux à ces espèces. Pour les espèces estivantes, ce serait sans doute l'inverse.

([1]) On peut constater par la cryoscopie cette décharge en étudiant l'abaissement de la concentration moléculaire du milieu intérieur : tandis que le plasma d'une larve maintenue en chaleur humide pendant trois mois se congèle à $-14°,5$, celui d'une pupe réactivée à sec ou au froid se congèle à $-9°$ C. La sécheresse agirait comme *hydratant* apparent en favorisant l'élimination et la fixation par le corps gras de l'acide urique en excès.

PHYSIOLOGIE. — *La sensibilisation de l'organisme vis-à-vis des régimes carencés.* Note de MM. **Georges Mouriquand**, **Paul Michel** et **Bernheim**, transmise par M. Widal.

Un organisme ayant gravement souffert dans sa nutrition du fait d'un régime carencé, puis ayant recouvré cliniquement et anatomiquement (macroscopiquement) son état normal du fait d'un régime équilibré, est-il vis-à-vis d'une nouvelle carence de même ordre, en quelque sorte immunisé ou sensibilisé, ou se comporte-t-il vis-à-vis d'elle comme un organisme neuf [1] ?

La réponse à cette question présente un intérêt pratique, car elle pourra préciser dans une certaine mesure l'avenir des sujets, surtout des enfants, qui ont souffert de troubles nutritifs d'origine alimentaire ainsi que la prophylaxie à opposer au retour de ceux-ci.

Pour résoudre ce problème, nous avons institué les expériences suivantes :

Plusieurs séries de cobayes ont été émises au régime du scorbut aigu. Au 24e jour tous les animaux présentaient des lésions ostéohémorragiques scorbutiques typiques (vérifications anatomiques).

Ces lésions étant constatées chez tous, ces animaux ont été mis au régime varié et frais ou ont reçu de fortes doses de jus de citron. Au bout de 10 ou 12 jours de ce régime équilibré et antiscorbutique, nous avons constaté qu'ils étaient tous guéris cliniquement (plus de douleur à la pression des os, plus de gonflement, plus de crépitation sanguine, etc.) et anatomiquement (macroscopiquement). (Un certain nombre d'entre eux étant sacrifiés, il n'existait chez eux ni hémorragie, ni diminution de la résistance osseuse, ni état vacuolaire.) Nous avons suivant les séries laissé se maintenir cette guérison en conservant le régime équilibré soit de 10 à 20 jours, soit de 40 à 50 jours (cette dernière période de guérison pouvait être considérée comme assez longue eu égard au temps de vie d'un cobaye). Tous nos animaux étaient alors en augmentation pondérale et dans un état de nutrition florissante.

---

[1] Nous avons précédemment montré qu'avec un régime de scorbut chronique qui n'est que partiellement carencé, une certaine accoutumance au régime et même des processus de guérison tendent à s'installer comme si l'organisme s'immunisait, pour ainsi dire, contre l'état de carence partielle. Nous avons d'autre part établi que dans l'avitaminose C totale, aucun processus de cet ordre n'apparaît. Dans les cas envisagés ici il s'agit de carence totale.

Leur guérison apparaissant comme certaine, nous les avons remis au régime carencé primitif. En même temps nous mettions à ce régime carencé un nombre égal de cobayes neufs en parfait état provenant du chenil.

Il s'est alors agi de préciser exactement le début des troubles scorbutiques (osseux ou hémorrhagiques) chez les cobayes neufs et chez les cobayes précédemment carencés. Nous avons dans une Note antérieure [1] indiqué la séméiologie de ces signes de début.

Chez les cobayes neufs, ces premières manifestations sont apparues en moyenne vers le quinzième jour. Chez les scorbutiques guéris elles sont apparues du deuxième au cinquième jour (sans aucune exception), c'est-à-dire une avance considérable sur les cobayes neufs.

La survie des cobayes préalablement carencés s'est montrée plus courte que celle des cobayes carencés au sortir du chenil.

On peut donc admettre que la première atteinte d'avitaminose C avait très nettement sensibilisé la nutrition générale et surtout la nutrition osseuse des cobayes atteints puis guéris, vis-à-vis de cette carence alimentaire. Quelques anciens faits cliniques (Lind) parlent dans le même sens.

Il importait de se demander quelle est la cause de la réapparition très précoce des troubles chez les cobayes préalablement carencés et en particulier si la première atteinte apparemment guérie a laissé des traces décelables microscopiquement, ou si la guérison était absolue, du moins devant nos moyens actuels d'investigation.

L'examen histologique des os de cobayes considérés comme guéris depuis 40 ou 50 jours, présentant une résistance normale et nulle trace d'altération macroscopique, a pourtant montré la persistance de lésions médullaires. Alors que le périoste, le tissu osseux présentaient un aspect normal (pas d'hémorrhagie microscopique, pas de raréfaction) dans tous les cas examinés, nous avons pu constater l'état fibrillaire de la moelle, avec raréfaction du tissu myéloïde, dernier souvenir de l'atteinte scorbutique anatomocliniquement disparue. Il semble logique de penser que la persistance de cet état fibrillaire a favorisé sinon déterminé la précocité du retour des accidents.

De nouvelles expériences en cours nous montreront à quel moment de la guérison disparaît cet état fibrillaire et si la sensibilisation vis-à-vis d'une nouvelle carence disparaît avec lui.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 652.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la cause physico-chimique de l'absence de la fatigue dans les centres nerveux au cours de leur action.* Note [1] de M. **P. Lasareff**, présentée par M. de Broglie.

Dans un travail précédent j'ai démontré [2] que les centres nerveux de la vision périphérique au cours de leur action ne peuvent pas être fatigués. On peut constater cet effet très simplement, si l'on étudie la sensibilité visuelle au cours de l'adaptation de deux façons différentes. D'un côté on détermine la sensibilité de l'appareil de la vision au moyen de la méthode optique (adaptomètre de Nagel). Déterminée de cette façon elle varie de 0,0 jusqu'à 127,1 [3] et dépend de la sensibilité des appareils périphériques et de la sensibilité des centres nerveux. D'un autre côté on peut étudier la sensibilité de l'appareil visuel en l'excitant par le courant faradique. Dans ce cas on excite le nerf et les centres nerveux. Par cette méthode on obtient la même valeur de la sensibilité après une action de la lumière ou après un séjour prolongé dans l'obscurité, tandis que la sensibilité obtenue par la méthode optique varie dans ces conditions de 0,0 à 127,1.

Le tableau suivant donne les valeurs de la sensibilité comparée des centres et de l'appareil tout entier :

	Sensibilité	
	déterminée par l'action de la lumière (appareil en entier).	déterminée par l'action du courant (centres nerveux).
Après éclairement	0,0	129,0
Après séjour prolongé dans l'obscurité	127,1	127,1

Nous posons que la sensibilité, déterminée par le courant faradique après séjour prolongé dans l'obscurité, est égale à 127,1.

On voit que, au cours de la vision périphérique la sensibilité du nerf et des centres optiques ne change pas, tandis que la variation de la sensibilité de l'appareil visuel entier est très grande (de 0,0 à 127,1). La diminution de la sensibilité de l'organe mesure la fatigue de celui-ci et l'on peut dire que les centres nerveux n'éprouvent pas de fatigue.

Dans les travaux précédents, nous avons démontré que les centres nerveux

---

(1) Séance du 17 mars 1924.

(2) P. Lasareff, *Pflügers Archiv*, t. 200, 1923, p. 119.

(3) Voir P. Lasareff, *Jonentheorie der Reizung*, p. 18. Bern und Leipzig, 1923.

manifestent une action périodique (¹) qui doit dépendre de la réaction chimique périodique. On peut envisager cette réaction comme s'effectuant en deux phases : pendant la première, il se produit une destruction de la substance de la cellule nerveuse, et pendant la seconde une restitution complète de cette substance.

Il existe donc une relation entre l'absence de fatigue et les processus périodiques. Nous savons, en effet, à l'appui de cette manière de voir, que tous les organes fonctionnant sans fatigue pendant toute la vie (cœur, organes de la respiration) travaillent périodiquement.

RADIOACTIVITÉ. — *Recherches sur la radioactivité des cellules vivantes.* Note de M. **Albert Nodon**, transmise par M. Daniel Berthelot.

J'ai entrepris de nouvelles recherches sur la radioactivité de la cellule vivante en utilisant la méthode photogénique. Les résultats obtenus confirment entièrement ceux constatés à l'aide de mesures électrométriques. Le dispositif adopté fut le suivant : l'émulsion d'une plaque photographique fut recouverte d'un tissu en toile à larges mailles, au-dessus duquel on plaça les objets à étudier; on évitait ainsi leur contact direct avec l'émulsion sensible. On enveloppa le tout dans un carton noir, maintenu à l'aide de bracelets en caoutchouc. L'un des châssis renfermait un échantillon de sulfate de baryum-radium, dont l'activité était égale à 15 fois celle de l'uranium. L'autre châssis contenait un insecte vivant (pœcicoloris), et le troisième châssis renfermait une feuille verte.

Les trois châssis étaient exposés dans une pièce close, pendant 20 heures. Au développement, on constatait une forte impression photogénique au-dessous du radium; une impression plus faible en présence de l'insecte, et un voile léger provoqué par la feuille verte.

Les mesures électrométriques correspondantes ont été faites en s'entourant des plus grandes précautions, afin d'éviter les causes d'erreur, telles que les fuites à vide, et la décharge produite par l'humidité introduite dans l'instrument par les objets étudiés.

Des pesées précises permettaient d'établir les poids de l'étalon de radium, des insectes et des plantes étudiés. Des mesures faites à différentes époques

(¹) P. Lasareff, *Bulletin de l'Institut physique de Moscou*, t. 1, 1920, p. 51 (en russe); *Les Problèmes modernes de la Physique biologique*, Moscou, 1920, p. 28 (en russe); *Jonentheorie der Reizung*, p. 50.

ont été sensiblement concordantes; elles ont donné pour la radioactivité des Pœcicoloris en pleine vitalité, une radioactivité variant par unité de poids, entre 8 et 13 fois celle de l'uranium; et pour celle des feuilles vertes, 2 à 3 fois celle de l'uranium.

Les impressions photographiques ayant permis d'apprécier des rapports d'activité du même ordre de grandeur que ceux déterminés par la méthode électrique, on en peut conclure que la cellule vivante subit une désintégration atomique, analogue à celle des corps radioactifs.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Dimensions des molécules de certaines substances colloïdales.* Note de M. P. Lecomte du Noüy, présentée par M. Charles Richet.

Nous avons signalé, dans des Notes précédentes, la chute de la tension superficielle des solutions colloïdales en général. Nous avons indiqué l'existence d'une chute maxima correspondant à une certaine dilution bien déterminée, et nous avons proposé l'hypothèse d'une couche monomoléculaire orientée, pour expliquer ce phénomène. Depuis cette époque, nous avons pu confirmer, par de nouvelles expériences, cette manière de voir. D'abord par la vitesse d'évaporation, qui, dans les vases employés, est plus lente à cette concentration, toutes choses égales d'ailleurs; et secondement par l'existence d'un minimum très net de la tension superficielle, inexplicable nous semble-t-il, autrement que par l'existence de la couche monomoléculaire. Ce minimum ne peut être déterminé qu'en prenant les précautions les plus grandes pour ne pas agiter la solution, ce qui a pour effet de déchirer le film, et en mesurant, au bout de 2 heures environ, au moyen du tensiomètre déjà décrit (basé sur le principe de l'arrachement d'un anneau), la tension superficielle de la surface du liquide dans laquelle, conformément à la loi de Gibbs, les molécules en solution sont adsorbées. Le tableau suivant donne les valeurs de la tension superficielle initiale et de solutions d'oléate de soude pur, au bout de 2 heures, dans des verres de montre contenant 2$^{cm^3}$ de liquide (température 20° C.) :

Tableau

Concentration :	$\frac{1}{100\,000}$.	$\frac{1}{500\,000}$.	$\frac{1}{600\,000}$.	$\frac{1}{700\,000}$.	$\frac{1}{750\,000}$.	$\frac{1}{800\,000}$.	$\frac{1}{900\,000}$.	$\frac{1}{1\,000\,000}$.
Tension superficielle initiale (Dynes)...	75,5	75,5	75,5	75,5	75,5	75,5	75,5	76,0
Au bout de 2 heures.	46,0	59,0	61,0	64,0	56,0	59,5	71,5	73,0

Le minimum, souligné, a lieu au $\frac{1}{750000}$. Des expériences préalables nous ayant montré que l'adsorption se produisait non seulement dans la couche libre de la solution mais encore dans celle qui se trouve en contact avec le verre, un calcul simple permet d'obtenir le poids de l'oléate de soude adsorbé par centimètre carré. La densité étant 0,821, on en déduit l'épaisseur de la couche monomoléculaire, partant la longueur de la molécule. Elle est égale à $12,6.10^{-8}$ cm. Le poids moléculaire étant 303, en prenant pour valeur du nombre N d'Avogadro, $6,2.10^{23}$ (Millikan), on trouve pour la racine carrée de la section plane, qui peut être prise comme exprimant la largeur (ou la longueur du côté de la molécule), $6,8.10^{-8}$ cm. Cette valeur de N a été choisie pour permettre la comparaison avec les dimensions données par Langmuir pour la molécule d'acide oléique et qui sont : longueur : $11,2.10^{-8}$ cm, et racine carrée de la section plane : $6,8.10^{-8}$ cm. On voit que le diamètre est le même, tandis que la longueur est augmentée de $1,4.10^{-8}$ cm dans la molécule d'oléate. Cette quantité représente l'accroissement dû à l'atome de Na. Elle est très proche de la valeur moyenne de l'accroissement de longueur des molécules de composés organiques dû à l'adjonction d'un atome de carbone, qui est égale à $1,3.10^{-8}$ cm [moyenne de neuf composés organiques insolubles (Langmuir)]. La même méthode nous a permis de calculer la longueur probable de la molécule d'albumine d'œuf cristallisable, P_H, 6,8, et qui est égale à $52,8.10^{-8}$ cm. Dans ce cas, le poids moléculaire étant mal défini, la valeur du diamètre (exprimé comme il a été dit plus haut) est douteuse. A titre d'indication, on peut cependant dire qu'en admettant 34000 comme poids moléculaire (Sörensen) la longueur du côté de la molécule serait $29,2.10^{-8}$ cm. Si l'on admet 15700 (Mathews), elle serait $20,0.10^{-8}$ cm.

L'épaisseur de la couche monomoléculaire du sérum de Lapin est $43,3.10^{-8}$ cm.

Il n'existait pas jusqu'ici de méthode directe permettant de mesurer les dimensions relatives des molécules de substances solubles. Seuls les composés insolubles, huiles, graisses, cires, ont pu être étudiés grâce à la méthode basée sur les expériences de Lord Rayleigh, et développée par les remarquables travaux de Devaux, Marcelin, et plus tard Langmuir. Il est à remarquer que les dimensions probables de la molécule d'albumine (longueur $5^{\mu\mu},2$, largeur $2^{\mu\mu},9$) permettent de comprendre ses propriétés colloïdales, sans avoir à recourir à l'agglomération sous forme de micelles.

On peut objecter qu'à ces hautes dilutions la molécule d'oléate de soude est dissociée en deux ions Na et acide oléique, et perd son identité. Mais il

est très probable que la couche de molécules orientées, ayant par suite une forte charge négative, attire les ions positifs en liberté, lesquels forment une couche positive directement au-dessous. La double couche ainsi formée rétablit ainsi l'identité de la molécule d'oléate de soude.

ICHTYOLOGIE. — *Les migrations du thon* (Orcynus thynnus) *sur les côtes atlantiques du sud de l'Espagne*. Note de M. **Odon de Buen**, présentée par M. L. Joubin.

On capture le thon rouge (*Orcynus thynnus*) sur les côtes atlantiques du sud de l'Espagne, en grande quantité, depuis la fin d'avril jusqu'à la fin d'août.

Les migrations de ce poisson comprennent une période d'arrivée de l'Atlantique vers le détroit de Gibraltar et une période de retour du Détroit vers les côtes portugaises; la statistique de l'année 1923 indique 28982 thons capturés à l'arrivée et 27701 au retour.

Les thons capturés n'ont pas tous le même âge ni la même taille. On ne trouve pas de thons d'un poids inférieur à 5^{kg} et l'on ne capture pas, comme on le croyait, le *Germo alalonga*. On pêche quelques exemplaires de thon d'un poids atteignant 400^{kg}.

Dans cette zone Sud-Atlantique espagnole, on pêche le thon seulement pendant le printemps et l'été avec des madragues. Les pêcheurs de Tarifa (dans le centre du détroit de Gibraltar) pêchent pendant l'hiver des thons d'un poids considérable en employant des hameçons spéciaux.

En exécution des accords pris au mois de janvier 1923, dans la réunion, à Paris, de la « Commission internationale pour l'exploration scientifique de la mer Méditerranée », le Gouvernement espagnol a mis à la disposition de l'Institut espagnol d'Océanographie le transport de la Marine de guerre « Almirante Lobo » et les moyens nécessaires pour réaliser l'étude du thon dans la zone comprise entre le cap Saint-Vincent et Casablanca (du côté atlantique) et le cap de Gata et le fleuve Muluya (du côté méditerranéen).

Une commission spéciale étudia les madragues et leur pêche, et une autre, à bord de l'« Almirante Lobo », effectua les travaux océanographiques et biologiques.

Les premiers résultats nous permettent de formuler quelques conclusions au point de vue de la direction de la migration du thon et de ses causes, dans la zone étudiée.

Le thon reste presque toute l'année dispersé, s'alimentant avec une grande voracité et augmentant rapidement de poids, dans les endroits où sont plus abondants les poissons de petite taille (sardines, carangues, anchois, poissons volants, etc.).

Quand arrive le moment de la ponte, les thons se réunissent dans des endroits appropriés. A cause des changements que le milieu marin subit d'une année à l'autre, le moment de la ponte est retardé ou avancé; les montées ou descentes de la température des eaux exercent une grande influence sur le développement des glandes sexuelles.

Haute température, haute salinité, eaux agitées, avec une grande quantité d'oxygène dissous, telles sont les conditions que recherche le thon pour pondre.

Dans le sud de l'Espagne, les thons s'approchent des côtes, en venant du Sud-Ouest, et suivent la terre jusqu'au détroit de Gibraltar. Aucune observation ne nous permet de supposer que les thons traversent ce détroit pour entrer en Méditerranée. A Tarifa, les madragues ne pêchent presque pas et on a dû les abandonner. Celles de Ceuta se maintiennent grâce à l'abondance des petits Scombridés (*Euthynnus pelamis*, *Pelamys sarda*, *Auxis bisus*).

Tarifa semble la limite de la migration du thon dans la zone Sud-Atlantique espagnole; la ponte a lieu à l'ouest du centre du Détroit et la migration vers l'Atlantique (retour) commence immédiatement.

Les premiers thons d'entrée sont robustes et gras, avec des organes sexuels très développés et mûrs, et ils ne mangent pas. Nous avons trouvé seulement dans leur tube digestif quelques exemplaires de *Polybius Henslowi*, crustacé pélagique très abondant dans cette zone.

La température des eaux dans le détroit de Gibraltar (de 3° plus basse que sur la côte de Cadix et de 5° inférieure à celle de la côte du Maroc, depuis Ceuta vers la Méditerranée) n'est pas favorable à la présence du thon et constitue un obstacle à sa migration. Par contre, les courants et les vents du Détroit agitent les eaux en augmentant la quantité d'oxygène dissous.

Une fois la ponte accomplie et les œufs fécondés, avant d'arriver à Tarifa (zone d'eau fraîche), le thon commence le retour vers l'Ouest, à la poursuite d'une alimentation abondante, et les œufs poussés par le courant atlantique, qui suit principalement les côtes méditerranéennes du Maroc, s'accumulent entre Punta Almina et Cap Tres Forcas.

Ainsi, la zone de ponte du thon ne coïncide pas avec l'endroit où se

développent les larves, à cause du courant atlantique qui traverse le détroit de Gibraltar.

La zone comprise entre Punta Almina, l'île d'Alboran et le fleuve Muluya, est très riche en micro-plancton et se caractérise par une température et une salinité élevées; elle est aussi influencée par les marées atlantiques. Nos pêches de larves de poissons dans cet endroit ont été très abondantes. Cette zone est très favorable pour le rapide développement post-larvaire; on y capture quelques milliers de petits thons, entre 1^{kg} et $4^{kg},5$, pendant le printemps.

Quand ils arrivent à être plus grands (5 à 6^{kg}), ils doivent éprouver quelques difficultés pour trouver l'alimentation nécessaire et sûrement doivent marcher vers l'Atlantique où les conditions sont plus favorables.

Dans l'Atlantique, isolés ou en petits groupes, ils poursuivent les énormes bancs de Clupéides, les petits Scombridés, etc., que jamais ils ne pourraient trouver dans les zones méditerranéennes.

Une étude détaillée permettra de formuler des conclusions plus complètes.

PARASITOLOGIE. — *Infection expérimentale à* Glaucoma piriformis (*infusoire*) *chez* Galleria mellonella (*lépidoptère*). Note de M. **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

Le premier cas de parasitisme de la cavité générale d'insectes, par des infusoires a été signalé par Lamborn ([1]) chez des larves de *Stegomyia scutellaris* Walker. Le parasite a été étudié par Keilin ([2]).

Lambornella stegomyiæ Keilin, 1921, possède une ciliature longitudinale, un macro- et un micronucléus, une bouche située vers l'extrémité antérieure, et se reproduit par division transversale. Il forme, à la surface externe du corps des larves de *Stegomyia*, des kystes sous lesquels se produit très probablement une évolution donnant naissance à des formes capables d'infecter de nouveau ces larves. Le mode d'infection est inconnu; mais l'on trouve des larves parasitées qui apparemment ne portent aucune blessure et il est probable que le parasite pénètre par le tube digestif de l'hôte. Il semble s'agir d'un cas de parasitisme vrai, ceci en

([1]) *Parasitology*, t. 13, 1921, p. 213.
([2]) *Ibid.*, p. 216.

raison de l'allure épizootique des infections qui surviennent chez les larves de *Stegomyia scutellaris*.

Au contraire, dans les cas de Lichtenstein et de Mercier et Poisson que nous allons résumer brièvement, il semble s'agir de parasitisme accidentel.

Lichtenstein ([1]) a trouvé chez une larve de *Boetis* (*Ephemeridæ*) une *Ophryoglena* qui avait complètement envahi les cavités schizocœlomiques de son hôte et se nourrissait du sang, des tissus musculaires et adipeux et surtout des éléments génitaux. Mercier et Poisson ([2]), chez une larve de *Nepa cinerea* L., ont décrit un kyste, formé aux dépens de la cavité générale de l'insecte, contenant de nombreux infusoires qu'ils ont rapportés au genre *Colpoda*. Les uns étaient volumineux et renfermaient des vacuoles digestives; les autres, quatre à cinq fois plus petits, semblaient ne contenir aucune vacuole. Mercier et Poisson pensent que les gros individus étaient des individus à nutrition phagocytaire pendant que les petits ciliés avaient une nutrition osmotique. Il nous semble plus rationnel d'admettre avec Chatton ([3]) que les petites formes sont, soit des jeunes Colpodes sortis du kyste, soit des formes préconjugantes. On pourrait encore supposer que ce sont des formes dont la taille a été réduite par l'inanition.

La nutrition osmotique, qui existe chez les astomes et que nous avons montré pouvoir exister chez des ciliés libres, à nutrition normalement phagocytaire, n'entraîne aucune réduction de la taille ([4]). Il est donc très probable que les petits Colpodes décrits par Mercier et Poisson n'étaient pas des Colpodes à nutrition osmotique.

On voit donc que, des trois cas de parasitisme de la cavité générale d'insectes par des infusoires, deux semblent être des cas de parasitisme accidentel. Nous nous sommes demandé si la rareté de ces cas ne tenait pas simplement au fait que la chitine oppose aux parasites une barrière très difficile à franchir et si, en portant directement dans le sang d'un insecte quelconque un infusoire à vie libre, on n'arriverait pas à obtenir le développement de cet infusoire dans le corps de l'insecte.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons inoculé dans le sang de chenilles de *Galleria mellonella* (lépidoptère), de l'élevage de M. Metalnikoff, une culture de *Glaucoma piriformis*. Ces infusoires ont été isolés d'une infu-

---

([1]) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 85, 1921, p. 794.
([2]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1838.
([3]) *Année biologique*, t. 3, fasc. 5, 1923, p. 28.
([4]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 928.

sion de foin et sont entretenus en culture pure depuis plus d'un an dans du bouillon de viande peptoné [1].

Les chenilles inoculées meurent en 8-15 jours suivant la quantité d'infusoires inoculés. Nous avons pu expérimenter sur une trentaine de chenilles qui ont toutes succombé à l'infection infusorienne. On peut suivre la multiplication rapide des ciliés dans le sang. Peu de temps avant la mort, le sang de la chenille ne contient plus de leucocytes (nombreux à l'état normal), mais seulement de très nombreux infusoires qui envahissent complètement le corps de la chenille, ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte sur des coupes. La nutrition des infusoires est redevenue, au moins en partie, phagocytaire : ils renferment de nombreux globules de graisse provenant du tissu adipeux de la chenille.

Ces expériences sont à rapprocher de celles de Zotta [2] qui a pu conserver vivants, pendant plusieurs semaines, des *Leptomonas pyrrhocoris* dans des chenilles de *Galleria*. La pupaison se faisait normalement; mais les pupes ne donnaient pas de papillons.

Nous étudions en ce moment les réactions des chenilles de *Galleria* vis-à-vis de différents protozoaires (Leishmania, Trypanosomes, Leptomonas, Trichomastix), ainsi que la vaccination contre les infections à protozoaires.

La séance est levée à 16 heures.

É. P.

---

(1) Il s'agissait de *Glaucoma piriformis* et non de *Colpidium colpoda*, comme nous l'avions annoncé dans notre première Note (*loc. cit.*).

(2) *Comptes rendus Soc. de Biol.*, t. 34, 1921, p. 135.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 MARS 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MINÉRALOGIE. — *Nouvelles observations sur les syénites néphéliniques des îles de Los (Guinée).* Note de M. A. LACROIX.

J'ai consacré de nombreuses Notes et Mémoires aux syénites néphéliniques qui constituent entièrement l'archipel de Los, sans toutefois avoir épuisé le sujet. Lors de mon exploration de ces îles, en 1913, quelques questions avaient dû être laissées en suspens, le temps et les moyens matériels dont je disposais ne m'ayant pas permis de les tirer au clair. Depuis cette époque, M. M. Sérand a bien voulu se charger de recueillir un complément de documentation et notamment de faire décaper, à l'aide d'explosifs, plusieurs points d'où il était indispensable d'obtenir des échantillons suffisamment éloignés de la surface constamment balayée par les embruns ou délavée par les pluies tropicales.

La petite île de Ruma est formée par un type spécial de syénite néphélinique très leucocrate, à grain moyen, caractérisée par l'association d'un peu d'ægyrine, de lâvénite et d'astrophyllite remplissant, avec néphéline et sodalite, les intervalles laissés entre eux par des feldspaths alcalins (orthose, microcline, albite), souvent groupés en microperthite, aplatis suivant g^1 et enchevêtrés. L'examen microscopique montre, en outre, des cristaux anciens de fluorine et de pyrochlore. Çà et là, certains intervalles intersertaux sont entièrement remplis par un individu d'arfvedsonite (parfois

associé à un peu de biotite) qui prend ainsi une apparence de phénocristal. C'est dans cette roche, et avec la même structure intersertale, que j'ai découvert, en petites plages, le fluorure de sodium natif (*villiaumite*), facile à reconnaître grâce à ses trois clivages rectangulaires et à sa belle couleur, d'un rouge violet foncé.

Cette syénite est rarement homogène sous un grand volume; elle présente de nombreux facies de variation, minéralogiques ou structuraux. Il existe en particulier au milieu d'elle des taches microsyénitiques à grain fin, dans lesquelles la villiaumite est distribuée d'une façon diffuse, teintant la roche de carmin clair; tantôt ce facies de variation, qui renferme parfois un peu de galène, présente des transitions insensibles avec la roche normale et tantôt il a l'allure d'enclaves, régulièrement entourées par des rosettes de grandes lames de feldspaths (microperthite de microcline et d'albite). L'ensemble possède alors une texture orbiculaire.

Plus souvent encore la syénite présente localement un accroissement de la grosseur de son grain. Les feldspaths atteignent plus de 1^{cm} de plus grande dimension; leurs intervalles sont remplis par de gros cristaux d'ægyrine, d'astrophyllite, de néphéline, de sodalite, d'analcime, etc., seules ou associées. La lävénite, qui ne possède jamais de telles dimensions, ne se trouve pas dans ces portions pegmatiques, mais elle est remplacée par un autre silico-zirconate de sodium, l'*eucolite*, qui manque dans le type normal de syénite. Il n'est pas rare de voir ce minéral exister seul entre les feldspaths, mais d'ordinaire, dans les échantillons recueillis au voisinage de la surface du sol, il est creusé de cavités à surface irrégulière, lisse et brillante, ou bien il est transpercé par un nombre considérable de petits canaux filiformes, rectilignes, disposés parallèlement les uns aux autres. Je pensais depuis longtemps que ces cavités, aussi bien d'ailleurs que les vides miarolitiques que la syénite normale présente à ses affleurements, étaient dues à la disparition de villiaumite, minéral qui est un peu soluble dans l'eau. Les nouveaux échantillons que je viens d'étudier fournissent la démonstration de cette hypothèse. Loin de la surface, la villiaumite est intimement mélangée à l'eucolite, de telle sorte qu'il est évident que la cristallisation de ces deux minéraux a été simultanée.

Ce fait a une grande importance théorique; c'est la première fois, en effet, qu'un minéral soluble dans l'eau est trouvé comme élément constitutif d'une roche éruptive et il est important aussi que ce soit un fluorure, qui a ainsi cristallisé en même temps qu'un silicate chloré au cours de la phase ultime de la consolidation de la roche et par suite à basse tempéra-

ture. Il faut noter d'ailleurs qu'un grand nombre des minéraux de cette syénite renferment, en quantité plus ou moins considérable, du fluor (lâvénite, astrophyllite, pyrochlore, fluorine, villiaumite, etc.) ou du chlore (sodalite, eucolite). La consolidation de la roche s'est donc effectuée, dès le début, en présence de puissants minéralisateurs et elle s'est terminée par une véritable imbibition des minéraux formés par du fluorure de sodium qui a rempli toutes les cavités; il s'y est maintenu d'autant mieux que la roche était à éléments plus fins, et par suite moins perméable aux circulations d'eau postérieures. Le milieu était originellement très riche en eau, car il est évident que la plus grande partie de l'analcime et probablement aussi de la mésotype est d'origine primaire et date de la même période de cristallisation que la villiaumite; on voit en effet ces minéraux englober, en grand nombre, des aiguilles d'ægyrine de formation tardive, implantées sur les parois de cristaux de feldspath et aussi des cristaux parfaitement intacts de néphéline et de sodalite, ainsi que des octaèdres de fluorine. Dans ces zéolites j'ai observé en outre des prismes hexagonaux nets de catapléite (natron-catapléite) [incolores (p, m, b^x) dans l'analcime, jaunes et transparents (p, m) dans la mésotype] et aussi des cristaux de blende jaune de miel, aux clivages éclatants. La cristallisation de ces zéolites est postérieure à celle de l'eucolite.

Cette eucolite, d'un rouge orangé, est transparente, sa densité (3,073) et sa réfringence (1,619 à 1,621) sont un peu supérieures à celles du minéral originel du Langesundfjord. Parfois ses cristaux sont de couleur plus claire, fissurés, seulement translucides ou opaques, et alors l'examen microscopique fait voir qu'ils sont en partie transformés en catapléite, à la façon de l'eudialyte du Groënland. Les caractères qui viennent d'être décrits sont constants dans les échantillons recueillis loin de la surface; mais, aux affleurements, dans les parties exposées à l'air, et là seulement, la couleur du minéral n'est plus la même; elle est devenue d'un brun violacé et, en lames minces, on constate un changement de propriétés optiques. La couleur jaune, avec faible polychroïsme, le signe optique négatif de l'eucolite, sont remplacés sur les bords et le long des fissures, par une coloration d'un violet carmin extrêmement vif, avec polychroïsme intense, le signe optique est positif; le contact avec l'eucolite normale se fait par une zone de compensation monoréfringente; ces propriétés nouvelles sont celles de l'*eudialyte*.

Aux îles de Los, tout au moins, on peut donc affirmer que l'eudialyte n'est pas un minéral indépendant, mais un produit de transformation de

l'eucolite, probablement par suite de l'oxydation de son fer et de son manganèse ([1]). Les conditions dans lesquelles cette transformation s'effectue montrent qu'elle est due à des actions secondaires et non point à des actions pneumatolytiques, auxquelles il faut avoir recours pour expliquer les pseudomorphoses en catapléite ([2]).

Les cavités miarolitiques qui viennent d'être décrites sont parfois clairsemées dans la syénite; ailleurs, elles sont nombreuses et voisines les unes des autres; fréquemment, elles prennent de grandes dimensions; leur remplissage constitue alors une véritable pegmatite et l'on est ainsi conduit à ces curieuses traînées, pseudo-filoniennes, à facies lujavritique (riches en eudialyte, en ægyrine et astrophyllite), entourées de pegmatite hololeucocrate, que j'ai décrites antérieurement.

Dans la syénite de Ruma, non seulement, il existe une grande quantité d'alcalis, et en particulier de soude, mais une partie importante de celle-ci n'est pas feldspathisée ([3]); elle est combinée au fer (ferrique) dans l'ægyrine et aussi à la zircone et au titane dont la totalité entre dans la constitution de silico-zirconates titanifères (astrophyllite) ou non (lâvénite, eucolite). Dans aucun cas, je n'ai observé le sphène ou le zircon. Ces deux minéraux, au contraire, se rencontrent, et souvent en grande abondance, dans les syénites néphéliniques à augite et hornblende des autres îles de l'archipel. Ces syénites diffèrent de la précédente, non pas tant par leur teneur en

---

([1]) Les teintes si intenses du polychroïsme de l'eudialyte formée aux dépens d'un minéral presque incolore en lames minces peuvent être comparées (bien qu'elles ne soient pas identiques) à celles de l'hétérosite (phosphate *manganique*) résultant de la transformation de la triphylite, dans laquelle le manganèse est à l'état de MnO.

([2]) Dans la cavité d'un échantillon privé de sa villiaumite, cavité tapissée d'analcime, d'eucolite, de catapléite et de blende, j'ai rencontré de petites aiguilles d'un jaune paille enchevêtrées, possédant l'extinction longitudinale et la biréfringence de l'*elpidite*, mais avec un signe d'allongement différent, et une réfringence plus grande ($n_g = 1,67$); ce minéral, qui ne renferme que SiO^2, ZrO^2 et Na^2O, constitue certainement une espèce nouvelle; elle n'a pu être étudiée complètement faute d'une quantité suffisante de matière.

([3]) C'est là la caractéristique de cette série lithologique du Groenland, comprenant syénite néphélinique, syénite sodalitique, lujavrite, naujaïte, kakortokite, que M. Ussing a désignée sous le nom d'*agpaïte*, et qui est caractérisée, en outre, par l'abondance du chlore. Il est intéressant de noter que j'ai trouvé à Ruma des facies de variation offrant une grande analogie avec la naujaïte; c'est une roche extrêmement riche en sodalite jaune à larges clivages.

alcalis (¹) que parce que leur soude est presque complètement feldspathisée (feldspaths et feldspathoïdes, parmi lesquels la haüyne remplace généralement la sodalite des types à ægyrine et se substitue parfois complètement à la néphéline).

Il n'existe que dans quelques gisements un silico-zirconate, mais celui-ci n'appartient à aucun de ceux des syénites néphéliniques à ægyrine; il est constitué par la *hiortdahlite* plus pauvre en silice, beaucoup plus calcique; généralement ce minéral est régulièrement distribué dans la syénite et exceptionnellement accompagné de *wöhlérite* (île de Tamara). Dans un seul gisement, à l'île de Corail, il se concentre au milieu d'une syénite, seulement néphélinifère, dans des facies de variation riches en hornblende qui renferment probablement les plus grandes masses connues de ce minéral : celui-ci n'avait été rencontré jusqu'ici que dans les pegmatites de syénite néphélinique du Langesundfjord et sous forme de très petits cristaux (*guarinite*) dans les druses de certaines sanidinites de la Somma.

Sans vouloir revenir sur les détails de la composition chimique (²) des syénites des îles de Los, je donne ici quelques nouvelles analyses (M. Raoult) et une analyse ancienne complétée (Pisani-Raoult), afin de mettre en regard la composition chimique des deux types de syénites néphéliniques dont il vient d'être question et de leurs facies de variation riches en silico-zirconates. Ces analyses montrent que la teneur en silice, en soude et en chaux constitue le facteur qui détermine la nature de ces derniers.

Il est à noter que les associations minérales si exceptionnelles des îles de Los peuvent être parallélisées avec celles du Langesundjord. M. Brögger a distingué (³), en effet, dans les gisements norvégiens deux types de pegmatite à minéraux rares, dans lesquels, comme en Guinée, l'eucolite et la hiortdahlite ne sont pas associées. L'un est caractérisé par l'ægyrine, la catapléite, l'eucolite, la lâvénite, l'astrophyllite, la mosandrite, etc., l'autre par le mélinophane, l'homilite, le zircon, le sphène, la lépidomélane, etc., et c'est celui-là qui contient la hiortdahlite.

(¹) Le rapport de la potasse à la soude est, dans certaines de ces syénites, analogue à celui des syénites à ægyrine; dans d'autres, la potasse prédomine un peu (en poids) sur la soude.

(²) On remarquera la teneur exceptionnellement élevée en manganèse de ces syénites, teneur qui s'accentue d'une façon considérable dans les facies de variation riches en silico-zirconates. La présence du pyrochlore dans (1) et de la wöhlérite dans (5) implique la présence de traces de Nb^2O^5, mais ces minéraux existent en si petite quantité que cet acide n'a pu être dosé.

(³) *Zeitsch. f. Kryst.*, t. 16, 1890, p. 183.

1. *Syénite néphélinique à lâvénite, astrophyllite, œgyrine, villiaumite* (Ruma).
2. *Facies de variation microsyénitique* (Ruma).
3. *Pegmatite à astrophyllite*, veinules dans 4 (Ruma).
4. *Facies de variation lujavritique à eucolite et astrophyllite* (Ruma).
5. *Syénite néphélinique à augite et hiortdahlite* (Tamara).
6. *Syénite haüynifère* (île Corail).
7. *Facies de variation à hiortdahlite et hornblende* dans 6.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
SiO^2....	54,55	55,94	57,48	57,76	58,58	55,82	38,68
Al^2O^3...	20,50	22,04	16,18	12,44	21,01	18,02	13,49
Fe^2O^3...	1,84	2,37	4,80	5,86	2,80	3,61	8,71
FeO....	1,73	1,02	2,57	0,94	1,14	1,91	4,58
MgO...	0,55	0,25	1,04	1,08	0,26	1,29	2,89
CaO....	0,55	1,58	0,76	1,70	1,72	4,12	17,48
Na^2O...	11,00	9,59	7,36	9,58	8,44	5,06	4,32
K^2O.....	4,91	4,65	4,95	0,70	4,34	3,47	1,66
TiO^2....	0,34	0,36	1,18	0,20	0,22	1,49	1,84
P^2O^5....	»	0,07	tr.	»	»	0,12	0,09
H^2O (+).	1,33	0,74	0,82	1,77	0,42	1,24	1,68
» (—).		0,10	0,24	0,13	0,19	0,12	0,15
ZrO^2.....	0,60	0,28	»	4,28	0,74	0,52	1,13
$(Ce..)^2O^3$.	»	0,07	»	0,33	»	»	»
MnO....	0,59	0,46	2,79	2,75	0,29	0,42	1,79
Cl.......	0,49	0,34	0,12	0,44	0,12	0,61	0,12
F.......	0,92	0,38	n. d.	0,35	»	»	0,18
SO^3.....	»	0,04	»	»	»	0,41	0,34
	99,90	100,28	100,29	100,31	100,27	100,23	100,24 (1)

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la théorie analytique du mouvement de la Lune.* Note de M. **H. Andoyer.**

La solution purement analytique du problème difficile de la détermination des inégalités du mouvement de la Lune est certainement la plus satisfaisante pour l'esprit, si du moins on est sensible à la perfection mathématique : Delaunay l'a prouvé par des arguments qui emportent la conviction, dans la préface de son œuvre magnifique, contenue dans les tomes 28 et 29 des *Mémoires de l'Académie*. Toutefois, pour assurer véritablement la supériorité de cette solution purement analytique, qui se présente sous la forme de développements à coefficients *rationnels*, certaines

(1) CO^2, 1,11.

conditions sont indispensables : et, avant tout, il faut qu'elle soit entièrement correcte. Or, quelles que soient les précautions dont Delaunay dit s'être entouré, ses formules sont entachées d'un certain nombre d'inexactitudes : les études que j'ai commencées, il y a longtemps déjà, sur ce sujet, et qu'a poursuivies M. P. Caubet, de l'Observatoire de Toulouse, m'ont fait voir que les résultats des *Recherches supplémentaires sur la longitude de la Lune*, qui forment l'objet du Chapitre X de la théorie de Delaunay, sont presque tous inexacts; d'autres termes encore, de degré inférieur, et dont la distribution paraît purement fortuite, se rencontrent inexacts.

Ces erreurs sont regrettables, et il ne suffit pas de chercher à se consoler en constatant qu'elles sont d'importance presque nulle au point de vue pratique : pour l'analyse, il ne peut y avoir de degré dans de telles erreurs. Ce qui doit étonner cependant, c'est leur nombre infime, car les calculs de Delaunay sont immenses. Il est vrai qu'il les a tous fait deux fois, espaçant leur répétition le plus possible; mais ce sont là des précautions insuffisantes, parce qu'il n'a pas varié sa méthode : le célèbre calculateur Fantet de Lagny avait déjà dit cependant qu'en matière de grands calculs, il ne suffit pas que la méthode soit infaillible de droit, mais que, par l'emploi de deux ou plusieurs méthodes entièrement différentes, on doit donner au calcul une infaillibilité de fait. Et, pour tout dire, il faut bien reconnaître que si la méthode de Delaunay, qui a gardé justement son nom, est théoriquement parfaite, les calculs qu'exige son application sont réellement décourageants : d'abord par leur longueur et la complexité des substitutions qu'il faut faire continuellement dans des fonctions de six variables, mais surtout parce que, avant leur achèvement total, ils ne font que déterminer une série de quantités intermédiaires dénuées de signification précise, et qu'il est par suite impossible de vérifier d'une façon efficace.

Pour que la théorie analytique du mouvement de la Lune prenne toute sa valeur, il faut encore qu'elle permette de passer aux valeurs numériques des inégalités avec toute la précision que réclament les astronomes : c'est ce qui n'arrive pas toujours avec les formules de Delaunay, même corrigées, soit que les développements ne soient pas suffisamment prolongés, soit que leur convergence soit peu satisfaisante.

Mais tous ces défauts ne sont pas irrémédiables; répétant ce que dit Delaunay au sujet de Plana, « ce qu'il a fait lui-même, on peut bien tenter de le faire de nouveau, avec l'espoir de pousser les approximations encore plus loin, surtout si l'on parvient à modifier la marche des calculs de manière à en rendre l'exécution moins pénible ».

C'est pourquoi j'ai entrepris de reviser et compléter l'œuvre si belle de Delaunay. La méthode que j'emploie diffère peu de celle de G.-W. Hill et de E.-W. Brown, fondée sur l'usage des coordonnées rectilignes; toutefois, en utilisant encore la parallaxe et l'équation indiquée par Laplace pour la déterminer directement, ainsi que d'autres combinaisons avantageuses, on se trouve conduit à un minimum de calculs et à des vérifications complètes. Les coefficients des différents termes qui figurent dans les développements analytiques des six coordonnées rectangulaires et polaires sont déterminés successivement, chacun d'eux étant une série ordonnée suivant le rapport m des moyens mouvements du Soleil et de la Lune, ou suivant un paramètre équivalent, de sorte que la solution définitive n'est pas, comme dans la théorie de Delaunay, l'aboutissement d'une longue suite de transformations intermédiaires, mais apparaît comme un édifice dont les pierres viennent s'ajouter les unes aux autres, chacune en sa place. Je calcule aussi de la même façon tous les coefficients qui sont nécessaires pour l'étude des perturbations de la théorie solaire.

L'approximation est toujours au moins égale à celle obtenue par Delaunay dans les expressions complètes qu'il donne pour la longitude et la latitude seulement, et par les quelques auteurs qui ont suivi partiellement la même voie analytique, parmi lesquels je citerai G.-W. Hill, MM. P. Caubet et R. Moritz : elle n'est pas toujours suffisante pour donner aux valeurs numériques une précision comparable à celle qui caractérise les résultats qu'a obtenus M. Brown dans sa théorie semi-analytique, que les astronomes doivent considérer comme définitive, et il serait sans doute vain de vouloir y prétendre ; mais il est clair que si l'on veut se placer au même point de vue, on pourrait sans peine utiliser les valeurs fournies par la mise en nombre des formules comme point de départ d'une méthode d'approximations successives extrêmement convergentes.

Je crois pouvoir, sans témérité, affirmer l'exactitude des résultats, car ils ont été presque tous soumis à des vérifications réellement efficaces. Cependant, quand les calculs exigés par de telles vérifications risquaient de devenir trop étendus, je me suis contenté de comparer les nombres que j'avais calculés avec ceux déjà obtenus par d'autres auteurs, suivant d'autres méthodes. En particulier, pour permettre cette comparaison, j'ai dû reprendre complètement les calculs décrits par Delaunay dans sa théorie de la Lune, mais en me bornant à ceux qui sont nécessaires pour déterminer tous les termes de la longitude et de la latitude qui sont du second degré au plus par rapport à m, et qui dépendent seulement de l'excentricité

et de l'inclinaison de l'orbite lunaire. Parmi ces termes, j'ai reconnu seize erreurs, quatre pour la longitude, douze pour la latitude, et j'ai pu en découvrir facilement les causes, qui sont toutes de pure inadvertance.

Les résultats de ces recherches, qui ne sont pas terminées, et dont une faible partie seulement a déjà été publiée, paraîtront réunis dans les *Mémoires* de l'Académie.

PHYSIQUE. — *Remarques sur une Note de M.* BOCHET *relative à la loi des états correspondants*. Note de M. **DANIEL BERTHELOT.**

Dans une Note précédente ([1]) j'ai rappelé que, pour déterminer les coordonnées du point critique, Van der Waals ([2]) avait indiqué une méthode *particulière* applicable aux équations d'état algébriques du troisième degré, et Sarrau ([3]) une méthode *générale* applicable à toute équation d'état (algébrique ou transcendante) et même à un réseau graphique d'isothermes tracé par points et dont on ignore l'équation (comme c'est le cas pour les réseaux expérimentaux d'Andrews, de Ramsay et Sydney Young, d'Amagat, etc.). M. Bochet, qui dans une première Note ([4]) avait attribué à Van der Waals la méthode de Sarrau, a adressé à l'Académie une seconde Note ([5]) pour dire qu'à son avis tous les mathématiciens penseront que ces deux manières de s'exprimer représentent « *exactement la même chose* ». Je crois, au contraire, que les mathématiciens estimeront qu'il importe de ne pas confondre deux méthodes dont l'une n'est qu'un cas particulier de l'autre.

ÉLECTRICITÉ. — *L'amplification du courant des cellules photo-électriques au moyen des lampes à plusieurs électrodes.* Note de MM. **G. FERRIÉ, R. JOUAUST** et **R. MESNY.**

Dans une Note précédente ([6]), nous avons indiqué deux procédés pour l'amplification du courant des cellules photo-électriques au potassium

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 677.
([2]) *Continuité des états gazeux et liquide*, Chap. VIII, 1873.
([3]) *Comptes rendus*, t. 94, 1882, p. 639.
([4]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 377.
([5]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 992.
([6]) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 84.

au moyen des lampes à trois électrodes. L'un deux, analogue du reste à un procédé employé par Kunz et Rosenberg, était basé sur l'emploi d'une seule lampe mais présentait l'inconvénient, que nous avons signalé, d'exiger des lampes particulièrement sélectionnées. Nous avons cherché depuis à l'améliorer en le rendant susceptible d'être employé avec des lampes de fabrication courante. Nous rappellerons sommairement tout d'abord le montage réalisé.

L'anode de la cellule est reliée à la grille d'une lampe à trois électrodes dont le filament est réuni au pôle positif d'une batterie de piles. Le pôle négatif de cette batterie est connecté à la cathode de la cellule. Comme d'ordinaire une différence de potentiel est appliquée entre la plaque et le filament de la lampe. Dans ces conditions, un éclairement même très faible de la cellule produit une variation importante du courant plaque de la lampe. Nous avons été amenés pour expliquer cette variation de courant aux considérations suivantes :

Lorsque la cellule n'est pas éclairée, la grille capte au passage quelques-uns des électrons émis par le filament. Elle reçoit d'autre part un certain nombre d'ions positifs provenant de l'ionisation par choc des traces de gaz restant dans la lampe. Son potentiel, évalué par rapport à celui du filament, se fixe à une valeur telle que l'apport d'électricité dû aux ions positifs soit égal à celui dû aux électrons.

Lorsque la cellule est éclairée, les électrons émanés de la cathode viennent charger l'anode et la grille qui lui est reliée. Le potentiel de cette dernière, déjà légèrement inférieur à celui du filament, tend à s'abaisser. Mais cette diminution entraîne, comme on peut s'en rendre compte par l'examen des caractéristiques de la lampe, une augmentation des ions positifs reçus par la grille. Le nombre des ions positifs que la grille peut ainsi recevoir par unité de temps est limité. Si l'éclairement est intense, le nombre d'électrons provenant par unité de temps de la cathode de la cellule peut être supérieur à ce nombre maximum d'ions positifs, la charge négative de la grille augmente alors peu à peu, son potentiel s'abaisse et finit par prendre une valeur telle qu'il empêche toute émission du filament, c'est-à-dire que le courant plaque est interrompu.

Mais si l'éclairement est faible, un nouvel état d'équilibre s'établit tel que l'apport d'électricité positive par les ions soit équilibré par l'apport d'électricité négative des électrons provenant du filament et de la cellule. Il y a simplement diminution du courant plaque. On conçoit que dans ces conditions tout ce qui peut contribuer à affaiblir la formation d'ions positifs

dans la lampe doit avoir pour effet de rendre plus importante la variation de courant plaque produit par un éclairement donné de la cellule.

C'est ce qui nous a conduit à remplacer la lampe à trois électrodes, primitivement utilisée, par une lampe à deux grilles (¹), de fabrication courante.

La grille extérieure était réunie à l'anode de la cellule, une différence de potentiel de l'ordre de 8 volts, était appliquée entre le filament et la grille intérieure.

Dans ces conditions, la grille intérieure contribue à l'émission électronique, la tension appliquée à la plaque peut être diminuée et, en fait, elle était ramenée à une quinzaine de volts, valeur peu supérieure aux potentiels d'ionisation des gaz. La formation d'ions positifs est, dans ces conditions, bien moindre que dans les lampes ordinaires où la tension entre le filament et la plaque était de l'ordre d'une quarantaine de volts.

Nous avons, en effet, constaté qu'à condition de régler très soigneusement par un dispositif potentiométrique la tension plaque de la lampe, on pouvait arriver à une amplification incomparablement supérieure à celle obtenue avec les meilleures lampes ordinaires; toutes les lampes à deux grilles achetées dans le commerce pourraient être utilisées.

Nous avons cherché à nous rendre compte si ce dispositif était susceptible d'être appliqué à la photométrie stellaire et, avec le concours de M. Jules Baillaud, nous l'avons essayé à l'Observatoire de Paris sur un équatorial de 28^{cm} d'ouverture. Malgré certaines difficultés, provenant de variations spontanées du courant plaque, dues sans doute à des défauts d'isolement de notre installation un peu sommaire, nous avons obtenu les résultats suivants : l'étoile Capella a donné une variation du courant plaque de 3,5 microampères, β du Cocher 1,2 microampère, θ du Cocher 0,6 microampère.

Ce que nous venons de dire pour expliquer le mécanisme du procédé d'amplification utilisée montre qu'on ne saurait compter, avec notre procédé, sur la proportionnalité de l'éclairement et de la variation du courant plaque. Il faudrait évidemment prévoir dans l'application un dispositif d'étalonnement du système, dispositif facile à concevoir.

Les considérations exposées plus haut permettent aussi d'expliquer faci-

(¹) Les propriétés particulières des lampes à deux grilles ont été étudiées par MM. Barkhausen, Scott, Taggard, etc.

Le modèle de lampe que nous avons utilisé avait été étudié à d'autres points de vue en France par MM. Giroux, Nozières, Lindet, etc.

lement le fait suivant que nous avons constaté : on augmente la sensibilité du dispositif en superposant à l'éclairement à mesurer un très faible éclairement.

Nous signalerons enfin un autre procédé susceptible d'une plus grande sensibilité encore. Un condensateur très bien isolé, d'une capacité de quelques unités électrostatiques C. G. S., est placé en série avec la cellule et celle-ci est soumise pendant un temps connu à l'éclairement à mesurer. On décharge ensuite le condensateur en reliant l'une de ses armatures au filament et l'autre à la grille extérieure de la lampe.

On observe alors une brusque variation du courant plaque. C'est ainsi qu'en soumettant pendant 10 secondes la cellule à un éclairement susceptible de donner une variation permanente du courant plaque de 2 microampères, nous avons obtenu sur le même appareil de mesure une élongation correspondant à une variation de courant de 25 micro-ampères.

Nous continuons l'étude de ce nouveau mode opératoire, qui permet également de transformer des actions lumineuses en signaux téléphoniques lorsque l'intensité lumineuse est suffisante pour permettre de décharger le condensateur au moins quinze ou vingt fois par seconde. Il suffit d'associer le dispositif dont il s'agit à un amplificateur de courant de basse fréquence de type courant.

ÉLECTRICITÉ. — *Remarques complémentaires sur les vibrations tournantes et la résonance critique des arbres des moteurs à explosion à plusieurs manivelles entraînant ou non des appareils récepteurs.* Note de M. **André Blondel.**

I. *Images électriques des phénomènes vibratoires (tournants des arbres).* — Le schéma A (*fig.* 1) représente la répartition des masses et des élasticités le long de l'arbre dans les hypothèses de ma première Note [1]. Les équations (6) (p. 1176) sont de la même forme que les équations de Kirchhoff d'un système électrique représenté par le schéma B; les différences de potentiel aux bornes des condensateurs $\frac{J}{\omega K}$ représenteront les couples de torsion $C\theta$. Les schémas C et D (*fig.* 2) représentent, de même, le cas considéré dans ma seconde Note [2].

II. *Calcul des amplitudes des vibrations d'un arbre complexe en tenant*

[1] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1174.

[2] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 46.

comptè de l'amortissement. — 1° Dans le schéma de la figure 1 les couples d'amortissement dus aux frottements intérieurs peuvent être représentés par des termes différentiels $D\frac{d\alpha}{dt}$, et les amplitudes des variations sinusoïdales en notations imaginaires sont $j\omega D$. Elles correspondent dans le

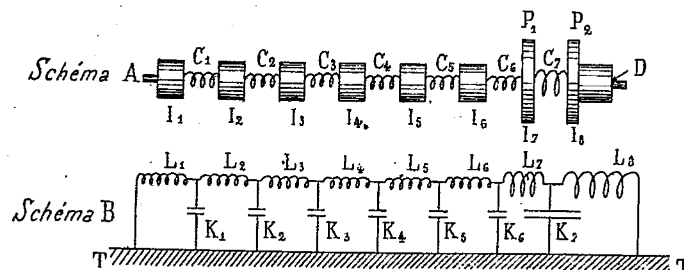


Fig. 1. — Cas d'un arbre morcelé. A, schéma d'un arbre à plusieurs manivelles à invertie concentrée; I_1, I_2, ..., inerties des différentes parties auxquelles sont appliqués des couples moteurs I'; C_1, C_2, liaisons élastiques; P_1, volant; P_2, plateau; C_7, accouplement élastique; D, dynamo ou organe récepteur. — B, schéma électrique correspondant d'une ligne mise à la terre; L_1, L_2, ..., inductances contenant des forces électromotrices; K_1, K_2, condensateurs reliés à la terre.

schéma B électrique à des termes de résistance jRI (I étant l'amplitude du courant), appliqués aux bobines L correspondantes.

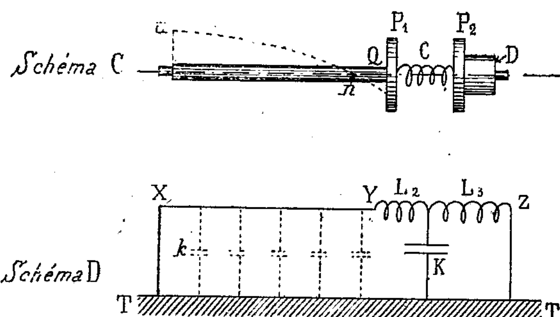


Fig. 2. — C, schéma d'un arbre à constantes uniformément réparties; CQ, arbre; P_1, C, P_2, comme dans la figure 1. La ligne *un* représente schématiquement une répartition des amplitudes des angles d'oscillation en cas de résonance. C, schéma de la ligne électrique correspondante mise à la terre aux deux extrémités : *k*, capacités uniformément réparties; L_1, L_2, grandes inductances entre lesquelles est branché le condensateur K correspondant à l'accouplement C.

2° Dans le cas de la répartition uniforme, schéma C (*fig.* 2), reprenons dans ma Note précédente [1] l'équation différentielle de départ

$$git\frac{d^2\alpha}{dt^2} - \rho i\frac{d^2\alpha}{dt^2} = -q \tag{1}$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 46. — Dans les équations (2) et (3) de la page 46, on a laissé par erreur typographique des termes dx, qui sont naturellement à supprimer.

de l'arbre élastique dans laquelle α et q sont les valeurs instantanées de l'écart angulaire et de l'irrégularité du couple; en appelant ξ un coefficient constant convenable qui représente le couple d'amortissement par unité de longueur de l'arbre fictif équivalent, on obtient

$$gi_l\frac{d^2\alpha}{dx^2}-\xi\frac{d\alpha}{dt}-\rho i\frac{d^2\alpha}{dt^2}=-q. \tag{3}$$

En passant aux amplitudes dans l'hypothèse d'oscillations forcées sinusoïdales, de pulsation ω, et en posant $j=\sqrt{-1}$, (3) se transforme en

$$gi_l\frac{d^2A_x}{dx^2}+(\omega^2\rho i-j\omega\xi)A_x=-Q, \tag{3 bis}$$

où A et Q désignent les amplitudes de α et q.

En posant, pour simplifier l'écriture,

$$\nu=\sqrt{\frac{-\omega^2\rho i+j\omega\xi}{gi_l}}, \tag{4}$$

$$H=\frac{Q}{\omega^2\rho i+j\omega\xi}; \tag{5}$$

où ν et H sont des fonctions de la vitesse ω. L'intégrale de (3 *bis*) est

$$A_x=a\,\mathrm{ch}(\nu x+\varpi)-H, \tag{6}$$

en appelant a et ϖ deux constantes à déterminer, x la distance comptée depuis le bout libre; et le couple de torsion est ainsi

$$G_x=-gi_l\frac{dA_x}{dx}=-gi_l\nu a\,\mathrm{sh}(\nu x+\varpi). \tag{7}$$

Comparons A_x et G_x aux amplitudes du courant I_x et de la tension U_x sur une ligne électrique soumise à une force électromotrice harmonique d'amplitude E par unité de longueur, et dont les deux bouts sont mis à la terre (schéma D), à savoir

$$\begin{cases} I_x=a\,\mathrm{ch}(nx+\varpi)+\dfrac{E}{r+j\omega L}, \\ U_x=na\,\mathrm{sh}(nx+\varpi), \end{cases} \tag{8}$$

où n s'exprime en fonction des constantes électriques par unité de longueur (résistance r, self-induction l, capacité c, perditance g) :

$$n=\sqrt{(r+j\omega l)(g+j\omega c)}=\sqrt{rg-\omega^2 lc+j\omega(g+rc)}. \tag{9}$$

Quand $g=0$, l correspond à ρi, c à $\frac{r^1}{gi_l}$, ξ à r.

III. *Application au calcul général des vibrations de l'arbre élastique.* — Le schéma D démontre immédiatement qu'on peut, commme je l'ai annoncé dans ma première Note, calculer au moyen des fonctions hyperboliques les phénomènes dont l'arbre est le siège, si l'on remplace les masses concentrées I et les coefficients d'élasticité concentrés C de ma première Note par des coefficients répartis sur des tronçons prismatiques de mêmes longueurs (ou cylindriques de longueurs fictives équivalentes). Un tel système n'est, en effet, que la transfiguration du problème bien connu d'une ligne électrique court-circuitée, formée d'une succession de tronçons variés.

Soient A_{n-1} l'amplitude de l'angle décrit par la section initiale du $n^{\text{ième}}$ tronçon (du côté du bout libre de l'arbre), et A_n l'angle décrit par la section terminale (du côté du volant), A_x l'angle décrit par un point intermédiaire situé à la distance x de l'entrée du tronçon; soient de même G_{n-1}, G_n et G_x les amplitudes des couples de torsion mesurés aux deux bouts du tronçon et en un point x, Q le couple par unité de longueur du tronçon et dont l'intégrale pour le tronçon sera Γ_n : les relations applicables sont (10) et (11) dans lesquelles H_n et ν_n seront les constantes applicables *à ce tronçon n.*

A l'entrée du tronçon, (8) et (9) donnent

$$a \operatorname{ch} \varpi_n = A_{n-1} + H_n; \tag{10}$$

$$a \operatorname{sh} \varpi_n = \frac{G_{n-1}}{g i \nu_n}, \tag{11}$$

$$\operatorname{th} \varpi_n = -\frac{G_{n-1}}{g i_l \nu_n (A_{n-1} + H_n)}; \tag{12}$$

ϖ_n étant connu par (12), on élimine a dans (8) et (9) par (10) ou (11); d'où

$$H_n + A_x = (H_n + A_{n-1}) \frac{\operatorname{ch}(\nu_n x + \varpi_n)}{\operatorname{ch} \varpi_n}; \tag{13}$$

$$G_x = G_{n-1} \frac{\operatorname{sh}(\nu_n x + \varpi_n)}{\operatorname{sh} \varpi_n} = -g i_l \nu_n (H_n + A_{n-1}) \operatorname{th}(\nu_n x + \varpi_n). \tag{14}$$

Au bout du tronçon d'arbre fictif considéré de longueur l_n, il suffit de remplacer x par l_n pour obtenir les valeurs de A_n et G_n :

$$H_n + A_n = (H_n + A_{n-1}) \frac{\operatorname{ch}(\nu_n l_n + \varpi_n)}{\operatorname{ch} \varpi_n}; \tag{15}$$

$$G_n = G_{n-1} \frac{\operatorname{sh}(\nu_n l_n + \varpi_n)}{\operatorname{sh} \varpi_n} = - g i_l \nu_n (A_n + H_n) \operatorname{th}(\nu_n l_n + \varpi_n). \tag{16}$$

On peut ainsi, en partant de l'angle A_0 à l'extrémité libre de l'arbre calculer successivement (au moyen des valeurs correspondantes des H et

des ν) tous les angles et les couples de torsion au point de soudure des différents tronçons jusqu'à l'autre extrémité de l'arbre et obtenir ainsi le rapport $\frac{A_n}{A_0}$ entre les angles des deux bouts.

Le volant, qui joue le même rôle qu'une forte bobine d'induction à l'entrée d'une ligne électrique, peut contribuer à établir une résonance imparfaite même si l'arbre n'atteint pas par lui seul la longueur du quart d'onde; c'est d'ailleurs l'inertie I du volant qui détermine la valeur absolue des amplitudes A_0, A_1, A_n dont on a calculé ci-dessus les rapports. Pour cela il suffit, comme je l'ai indiqué précédemment, d'exprimer que les valeurs de A_n, G_n au bout de l'arbre voisin du volant satisfont à la condition

$$\omega^2 \mathrm{I} A_n + G_n = 0. \tag{17}$$

En éliminant A_{n-1} et A_n entre les équations (16) et (17), on obtient

$$A_n + N_n = \frac{N_n}{\dfrac{1 - g i_l \nu_n \operatorname{th}(\nu_n l_n + \varpi_n)}{\omega^2 \mathrm{I}}}, \tag{18}$$

et l'on connaît par conséquent l'amplitude réelle de A_n; d'où l'on peut, par (15), déduire la valeur de A_{n-1}; en redescendant ainsi le long des tronçons jusqu'à l'origine on arrivera à connaître tous les angles jusqu'à A_0.

En pratique, l'application serait malheureusement trop laborieuse; une première simplification consiste à négliger l'amortissement (c'est-à-dire à faire $\xi = 0$); ν se réduit à jp en posant, comme précédemment, $p = \omega \sqrt{\frac{\rho i}{g i_l}}$; les fonctions trigonométriques $\operatorname{ch} \nu x$ et $\operatorname{sh} \nu x$, $\operatorname{th} \nu x$, sont alors remplacées par $\cos px$, $-\sin px$, $-\operatorname{tang} px$; ϖ et H se réduisent à des valeurs réelles $\left(\mathrm{H} = \frac{q}{\omega^2 \rho_1} = \frac{\Sigma \Gamma_n}{\mathrm{I}_a}\right)$ en appelant I_a l'inertie de l'arbre.

Une seconde approximation, qui m'a paru également nécessaire, a été de remplacer l'arbre tronçonné par un arbre uniforme d'un seul tronçon, en remarquant que ϖ est nul (parce que $C_0 = 0$), les équations (13) et (14) se réduisent au seul système :

$$A_x + \frac{\Gamma_n}{\omega^2 \mathrm{I}_a} = \left(A_0 + \frac{\Sigma \Gamma_n}{\omega^2 \mathrm{I}_a}\right) \cos px, \tag{19}$$

$$G_x = \mathrm{R}\left(A_0 + \frac{\Sigma \Gamma_n}{\omega^2 \mathrm{I}_a}\right) \sin px \tag{20}$$

dans lequel $\Sigma \Gamma_n$ représente l'ensemble des couples harmoniques synchrones appliqués aux différentes manivelles et $\mathrm{R} = a \sqrt{i i_l \rho g}$.

A l'extrémité de l'arbre, si l'on fait $x = l$, on trouve les valeurs correspondantes A_n et G_n qui doivent satisfaire à l'équation (17); on en déduit par des éliminations convenables, en rappelant que $lq = \Sigma\Gamma_n$ et $l\rho i =$ l'inertie totale I_a de l'arbre,

(21) $$A_l = -\frac{\frac{q}{\omega^2 \rho i}}{1 + \frac{\omega^2 I}{\operatorname{tang} pl}} = \frac{\frac{I}{I_a}\Sigma\Gamma_n}{1 + \frac{\omega^2 I}{R \operatorname{tang} pl}},$$

(22) $$G_l = \frac{\frac{qI}{\rho i}}{1 + \frac{\omega^2 I}{R \operatorname{tang} pl}} = \frac{\frac{I}{I_a}\Sigma\Gamma_n}{1 + \frac{\omega^2 I}{R \operatorname{tang} pl}},$$

et l'on en déduit en un point quelconque de l'arbre :

(24) $$A_x + \frac{\Gamma_n}{\omega^2 I_a} = \frac{\frac{I}{I_a}\Sigma\Gamma_n}{\omega^2 I_2 \cos pl + R \sin pl}\cos px, \quad (^1)$$

(25) $$G_x = R\,\frac{\frac{I}{I_a}\Sigma\Gamma_n}{\omega^2 I \cos pl + R \sin pl}\sin px = \frac{\frac{I}{I_a}\Gamma_n}{\sin pl + \frac{\omega^2 I_2}{R}\cos pl}\sin px.$$

Au bout de l'arbre, l'amplitude maxima s'en déduit en faisant $x = 0$.

Il y a résonance quand le dénominateur d'une de ces équations est nul, c'est-à-dire, en remplaçant R par sa valeur, quand

(26) $$\sqrt{l i_1 \rho g}\operatorname{tang}\omega\sqrt{\frac{i\rho}{g i_1}}\,l + \omega I = 0.$$

C'est l'équation de résonance que j'ai donnée précédemment [2]. On remarquera d'ailleurs, d'après l'équation (21), dont le dénominateur n'est jamais

---

[1] Par suite d'un lapsus d'inattention dans l'équation (6) de cette Note du 2 janvier 1924, où le dernier terme du second membre aurait dû être écrit $\frac{q}{\omega^2 \rho i}$, les équations (10), (11) et (12) présentent des termes omis (notamment l'oubli d'un terme $+\frac{\Gamma_n}{\omega^2 l\rho i}$ au premier membre) qui n'entraînent d'ailleurs *aucune modification* en ce qui concerne l'équation de résonance qui était le but de ma recherche; le lecteur est prié de remplacer ces équations (10), (11) et (12) par les équations (21), (22), (24) de la présente Note.

[2] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 48.

nul, que le point de l'arbre qui subit le maximum de fatigue et de torsion ne sera pas en général le point $x = l$, mais un point intermédiaire x pour lequel G_x atteint sa valeur finie maxima.

Si l'on remplace $i\rho$ par sa valeur I_a et gi_l par sa valeur C, en appelant C le couple de torsion de l'ensemble de l'arbre, (26) prend la forme équivalente

$$\sqrt{I_a C}\,\mathrm{tang}\,\omega\sqrt{\frac{I_a}{C}} + \omega I = 0, \tag{27}$$

en appelant ω la vitesse, I_a et I les inerties du moteur et du volant.

MINÉRALOGIE. — *Sur une transformation du diamant.* Note de MM. G. **Friedel** et G. **Ribaud**.

Bien que le diamant appartienne au système cubique, ses cristaux de toutes provenances montrent une certaine biréfringence, irrégulièrement répartie, mais semblant toujours présente. Les caractères de cette biréfringence, et particulièrement la variation continue des sections principales, entraînant l'existence de deux types de points fixes non biréfringents autour desquels pivotent les lignes noires observées entre nicols, excluent l'interprétation de la biréfringence par le mimétisme et obligent à la considérer comme due à des déformations continues d'une substance originellement isotrope.

D'autre part, l'anisotropie du diamant est extrêmement compliquée. La densité des points fixes y est beaucoup plus grande que, par exemple, dans un petit fragment de sel gemme ou de verre isolé, chauffé directement et aussi irrégulièrement que possible dans une flamme, puis refroidi rapidement dans l'air ou par trempe. Il semble par suite impossible d'expliquer la biréfringence du diamant, forcément inclus dans une grande masse de roches, par le simple effet d'un refroidissement inégal de la roche mère, ce refroidissement, si brusque qu'il ait pu être géologiquement, ayant été nécessairement très lent par rapport à celui d'un petit fragment de matière isolé. Des actions mécaniques extérieures suffiraient moins encore à rendre compte de la répartition si complexe de la biréfringence. On est ainsi conduit à chercher dans le diamant lui-même la cause des déformations qui ont causé sa biréfringence. Il semble nécessaire de recourir à une transformation polymorphique, accompagnée d'un changement de volume, trans-

formation que le diamant subirait à une température où sa plasticité, qui est nulle à froid, serait suffisante pour qu'il pût garder des déformations permanentes. Cette transformation se produirait sans doute au refroidissement, avec un certain retard, et, comme il arrive en pareil cas, s'amorcerait en un ou plusieurs points pour se propager ensuite irrégulièrement dans toute la masse en donnant naissance à des déformations pouvant être très complexes.

Nous avons cherché à vérifier cette hypothèse, en chauffant le diamant au moyen d'un four à courants induits de haute fréquence, les températures étant mesurées à l'aide d'un pyromètre optique à coin absorbant. L'extrême souplesse de ce moyen de chauffage s'est trouvée être nécessaire au succès de la recherche, car la transformation très rapide du diamant en graphite au voisinage du point intéressant aurait masqué la transformation polymorphique si nous avions employé tout autre système moins rapide et moins aisément réglable. Les températures ont pu être réglées et mesurées à moins de 5° près de l'échelle pyrométrique adoptée, et le maximum maintenu seulement quelques secondes lorsque cela a été nécessaire, les températures voisines de 1900° ayant été atteintes en 5 minutes environ.

Chauffé dans un petit creuset de graphite, le diamant n'a jamais montré la moindre trace de combustion. Dès 1500° il commence à subir le noircissement superficiel signalé par divers auteurs. Le phénomène est absolument régulier. Si quelques expérimentateurs ne l'ont pas observé, c'est qu'il ne porte que sur une pellicule mince qui, lorsque le diamant est chauffé en atmosphère oxydante, brûle à mesure qu'elle noircit. Une combustion de quelques secondes dans la flamme oxydante d'un Bunsen suffit pour brûler la pellicule noircie et rendre le diamant incolore.

Cette couche noircie, qui reste longtemps translucide, n'est pas du graphite, mais du diamant contenant une faible proportion de graphite. Elle reste brillante à la surface, dure, et les réactifs oxydants du graphite ne la décolorent pas.

Quand la température dépasse 1800°, et est maintenue quelques minutes, la transformation en graphite devient plus active, mais uniquement le long des arêtes vives. Le long des arêtes, notamment sur les bords d'une lamelle de clivage, il se produit un foisonnement de graphite tendre et incohérent, formant bordure saillante autour de la partie plane de la lame qui, elle, ne subit que la transformation lente ci-dessus décrite.

Jusqu'à 1850-1865°, une lame de clivage dont on a préalablement dessiné à la chambre claire, entre nicols, les bandes noires de biréfringence, ne

montre, après refroidissement, puis blanchissement par combustion de la pellicule noircie et observation dans un liquide de fort indice, aucun changement perceptible de ces bandes.

Vers 1875-1880°, les bandes noires sont encore conservées dans leur tracé général, mais subissent par endroits des déformations. C'est la manifestation d'une plasticité qui, jusque-là, était sensiblement nulle, et qui à cette température devient suffisante pour que le relâchement des tensions internes modifie d'une façon appréciable les déformations.

Dès que l'on dépasse une température T, que nos mesures fixent à $1885 \pm 5°$, le diamant éclate en un nombre variable de fragments, limités par des plans de clivage octaédriques. Cet éclatement a lieu avec une parfaite régularité dès que T est dépassée, et ne s'est jamais produit au-dessous de T. Il se produit même pour de très petits fragments de clivage de moins de 2^{mm}. En même temps, si l'on parvient (comme nous l'avons fait trois fois) à repérer les fragments après les avoir décolorés comme précédemment, on constate que les bandes noires de biréfringence y ont subi, cette fois, un complet bouleversement. On a donc, selon toute apparence, atteint à 1885° la transformation accompagnée d'un changement de volume qui se manifeste par l'éclatement et par le bouleversement des plages biréfringentes.

Mais cette observation n'est possible qu'à la condition de réduire à quelques secondes le séjour de la lame de diamant au-dessus de T. En effet, dès que ce point est dépassé, la transformation en graphite s'accélère beaucoup. En une minute ou deux, si la température est restée voisine de T, en quelques secondes si elle a dépassé notablement 1900°, la transformation en graphite, avec gonflement considérable de la masse, est complète. Il est à noter que l'éclatement *précède* la transformation rapide en graphite. Mais il est naturel qu'il l'accélère, en multipliant les arêtes vives; et il semble bien qu'en outre, la nouvelle forme que prend le diamant au-dessus de T soit, en elle-même, plus rapidement graphitisée que celle qui existe au-dessous de T. En tout cas, la transformation polymorphique s'accompagne d'une accélération considérable de la transformation en graphite.

Au-dessus de 1885°, aucun diamant ne peut exister; il se transforme en graphite en une ou deux minutes au plus, et presque instantanément si la température dépasse notablement ce point. C'est du moins ce qui a lieu quand le diamant se trouve en présence d'une atmosphère gazeuse. Il se peut qu'il en soit autrement dans d'autres milieux. Le fait que la graphitisation ne se produit qu'à partir de la surface rend possible, et même vraisemblable, qu'elle soit influencée par la nature du milieu ambiant, et il n'est

pas exclu que le diamant ait pu subsister, ou même se former, à des températures élevées sans se transformer en graphite, à condition d'être baigné dans un milieu convenable où la transformation n'ait pas pu s'amorcer. Comme tous les diamants naturels paraissent avoir passé par la température T, où ils ont acquis leur biréfringence, et ont vraisemblablement cristallisé à une température plus élevée encore, il faut bien qu'à ces températures, contrairement à ce qui a lieu dans les conditions de nos expériences, ils ne se soient pas transformés en graphite.

Une autre difficulté résulte du fait qu'à 1800° le carbone, au moins sous la forme graphite, réduit complètement les roches silicatées. Il est, à première vue au moins, singulier que le diamant, s'il a été porté à 1885° et plus en présence de silicates, dans la kimberlite par exemple, n'ait subi de la part de ces roches aucune corrosion. Mais il se peut que ce ne soit pas dans une roche silicatée que le diamant ait passé par ces hautes températures. Nos constatations, qui soulèvent plus d'énigmes qu'elles n'en résolvent, ne nous permettent pas, quant à présent, de proposer une solution à ces difficultés.

BIOLOGIE. — *Sur la transmissibilité d'un caractère somatique acquis (cataracte de Lapins)*. Note (¹) de MM. **L. Cuénot**, **R. Lienhart** et **P. Vernier**.

Dans une série d'expériences remarquables, Guyer et Miss E. A. Smith (²) ont provoqué l'apparition, chez des embryons de Lapins, d'un caractère somatique consistant en une altération de l'œil; ils utilisent deux méthodes :

1° Injection à la mère, avant et pendant les premiers temps de la gestation, d'un sérum anticristallin (provenant de Poules préparées avec des cristallins de Lapins comme antigène); 2° préparation directe de la mère par injection de broyage de cristallins de jeunes Lapins, ce qui théoriquement revient au même, c'est-à-dire provoque dans la mère la formation d'un anticorps cristallinien, ou cristallolysine. A la suite de ces traitements, quelques petits, peu nombreux, naissent avec des yeux altérés, notamment avec des cataractes (4 sur 61 petits pour la première méthode; 2 sur 54 pour la seconde); ces six petits proviennent de trois mères différentes, non parentes, sur un assez grand nombre de Lapines qui ont subi le traitement.

(¹) Séance du 24 mars 1924.

(²) Guyer et Smith, *Further studies on inheritance of eye defects induced in rabbits* (*Journ. of exp. Zoology*, t. 38, 1924, p. 449).

Jusque-là, rien qui, théoriquement, soit anormal ou nouveau : la crystallolysine, injectée à la mère ou fabriquée par elle-même, peut passer à travers le placenta et impressionner spécifiquement les yeux en voie de développement des fœtus. Il est assez bizarre, mais non inexplicable, qu'il y ait somme toute si peu de réussites, et que les cristallins des mères Lapines injectées ne présentent aucune modification, comme si l'anticorps ne les atteignait pas.

De nombreuses expériences de contrôle ont prouvé à Guyer et Smith qu'il n'apparaît jamais d'anomalies cristalliniennes chez des Lapins provenant de mères injectées de substances variées ne renfermant pas l'anticorps spécifique.

Il y a dans la littérature des observations que ces expériences éclairent, par exemple celle bien connue de Le Hello (1) :

Une jument eut, par choc contre un arbre, une contusion de l'œil gauche qui amena une atrophie du globe oculaire; au moment où elle fut blessée, la jument était pleine depuis 6 semaines; la pouliche à laquelle elle donna naissance, 9 mois et demi après l'accident, naquit avec un œil gauche ne dépassant pas le volume d'une lentille, l'œil droit étant apparemment sain. On peut penser que l'œil de la mère, en se résorbant, a provoqué la formation d'un anticorps oculaire, qui a réagi sur l'un des yeux (pourquoi un seul?) en voie de développement du fœtus qu'elle portait.

Mais voici qui est nouveau : le caractère somatique acquis par les fœtus de Lapin *s'est montré héréditaire;* il a réapparu d'une façon d'abord très irrégulière dans la génération suivante, née du croisement de Lapins à yeux plus ou moins défectueux; puis l'hérédité est allée en se renforçant, si bien qu'à la troisième ou quatrième génération sélectée Guyer et Smith ont obtenu des portées de 4, 5, 7 petits, tous aveugles. Ceci est un résultat d'une importance capitale : c'est la première fois qu'un caractère somatique acquis se transmet avec cette certitude et *qu'un lien (l'anticorps) est établi entre un organe touché et sa représentation dans le germe;* il faut bien, en effet, que quelque chose dans le patrimoine héréditaire des fœtus ait été touché *spécifiquement* par la cristallolysine des mères; ce quelque chose ne peut être qu'une particule qui est « représentative » du cristallin (déterminant chimique). L'un de nous (2) a développé ailleurs les conséquences considérables qui découlent de ces faits.

---

(1) Voir Anthony, *Le déterminisme et l'adaptation morphogiques en biologie animale* (*Arch. de Morphologie*, fasc. 14, 1923, p. 88.

(2) L. Cuénot, *L'hérédité des caractères acquis* (*Revue générale des Sc.*, t. 32, 1921, p. 544).

Nous avons tenté de les vérifier par une autre méthode (¹) qui, entre les mains de Duerst avec le Cobaye comme matériel, paraît avoir donné des résultats comparables à ceux annoncés par Guyer et Smith. Nous intoxiquons des Lapines gestantes avec de la naphtaline : les mères deviennent souvent aveugles par cataracte; les embryons sont *toujours* touchés et naissent *tous* avec une cataracte; pendant plusieurs mois après la naissance, les accidents oculaires évoluent de façon variée jusqu'à atrophie de l'œil (il doit donc, d'après les idées émises plus haut, se former des anticorps oculaires). Nous avons croisé deux Lapins, frère et sœur de même portée, rendus ainsi aveugles pendant leur vie intra-utérine; ils ont donné 24 petits, *tous à yeux absolument normaux*. Jusqu'ici le caractère somatique acquis ne paraît donc pas transmissible, bien que les deux parents le présentent au maximum.

Voici une autre observation, plus intéressante encore : Guyer et Smith n'ont jamais vu de malformations oculaires chez les Lapins non traités, tandis qu'ils en trouvent six cas sur 115 petits nés de mères renfermant des anticorps. Or nous venons d'en constater un cas avec certitude : un couple à yeux absolument normaux (le mâle est un Bleu de Beveren, la femelle, un Géant Normand gris lièvre), observé dans l'élevage d'une maison particulière, a donné huit petits, sur lesquels deux présentent des cataractes certaines, l'un aux deux yeux, l'autre à l'œil gauche seulement; ces cataractes capsulaires postérieures, presque totales, sont analogues à la fois à nos cataractes naphtaliniques et à des cataractes humaines d'hérédo-syphilitiques. Nous soupçonnons, sans pouvoir l'affirmer absolument, que la mère (morte maintenant) était atteinte de la syphilis des Lapins (*Treponema cuniculi*); et l'on est en droit de se demander si dans l'élevage de Guyer et Smith, les trois Lapines préparées qui ont donné des résultats n'étaient pas syphilitiques, ou si, lointainement, elles n'ont pas eu des ancêtres syphilitiques responsables des dystrophies cristalliniennes.

Cependant, nous ne prétendons pas que notre expérience négative avec la naphtaline, ni cette observation de cataracte, suffisent pour infirmer les résultats de Guyer et Smith; elles montrent seulement les difficultés de

---

(¹) Cuénot, Lienhart et Mutel, *Expériences montrant la non-hérédité d'un caractère acquis* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 611). — Lienhart et Mutel, *Troubles oculaires produits chez le Lapin par l'intoxication naphtalinique, Technique* (*C. R. Soc. de Biologie*, t. 88, 1923, p. 765).

la question. Nous suggérerons même, à titre d'hypothèse de travail, une théorie reliant les faits (en admettant qu'ils soient tous valables) : la toxine syphilitique d'une mère A, ou bien la naphtaline, provoquerait une cataracte en agissant sur l'œil en voie de développement d'un fœtus B; puis cette cataracte pourrait être l'origine d'un anticorps qui, à son tour, toucherait spécifiquement, dans les cellules sexuelles de B, le déterminant cristallinien. Par ce mécanisme, des anomalies oculaires pourraient apparaître dans la génération suivante C.

MICROBIOLOGIE. — *Multiplicité des races du bacille de Weeks. Fréquence de ce microbe sur la conjonctive humaine en dehors de la conjonctivite aiguë.* Note (¹) de MM. **Charles Nicolle, P. Durand** et **E. Conseil.**

I. Dans deux Notes antérieures (²), nous avons montré qu'il était possible de vacciner préventivement l'homme contre la conjonctivite aiguë à bacilles de Weeks, soit au moyen d'un vaccin (cultures mortes), soit par un sérum spécifique. Notre conclusion était que ces moyens pouvaient être utilisés comme arme dans la lutte antitrachomateuse, en permettant d'éviter aux trachomateux une infection surajoutée, souvent grave.

Avant de passer à l'application, nous devions chercher si les résultats, observés dans une expérimentation qui n'avait porté que sur une seule souche de bacilles de Weeks, se montreraient les mêmes lorsqu'on emploierait, pour l'épreuve, des échantillons autres du même microbe. Des recherches, dirigées du côté des agglutinines, faisaient pressentir des différences entre les divers bacilles de Weeks, isolés par nous. Les expériences ont confirmé cette impression.

Soient les races W, F, Q; les deux premières très virulentes, la seconde un peu moins.

Immunisation par vaccin homologue (W contre W). — Quatre essais; le vaccin est inoculé à deux reprises, deux fois par voie veineuse, deux par voie sous-cutanée; l'épreuve virulente est pratiquée quinze jours après la seconde inoculation. L'immunité a été constatée les quatre fois.

Immunisation par vaccin hétérologue. — 1° W contre F : quatre essais, un cas d'immunisation formelle, un cas douteux (réaction très légère), deux

(¹) Séance du 24 mars 1924.
(²) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 382, et t. 178, 1924, p. 52.

échecs. 2° W contre Q : un seul essai concluant (immunité). 3° Le bacille de Pfeiffer, voisin par certains caractères du bacille de Weeks, ne vaccine pas contre lui.

Immunisation par le sérum. — Ce sérum a été préparé par inoculation au mouton de deux souches assez différentes (W et C). Il s'est montré actif (immunisant) deux fois sur deux essais contre W ; une fois sur un essai contre Q. Par contre, il n'a pas empêché la contamination naturelle d'enfants en milieu épidémique familial par un échantillon très différent de W et C.

Toutes nos expériences ont comporté des témoins.

II. Nous avions antérieurement noté la longue persistance du bacille de Weeks sur la conjonctive humaine après conjonctivite ou même simple dépôt de cultures chez les vaccinés. Dans les deux cas, un délai de 47 jours avait été relevé. Nous avons observé, depuis, des délais de 63 et 77 jours en cas de conjonctivite antérieure. En général, chez les vaccinés, la persistance est moins longue.

III. Ces deux faits : existence de races multiples, longue persistance du microbe devaient donner à penser que le bacille de Weeks était sans doute plus répandu qu'on ne le supposait et qu'il devait se rencontrer sur la conjonctive humaine en dehors de la conjonctivite aiguë.

Nous l'y avons recherché (en février-mars, c'est-à-dire à une époque où la conjonctivite aiguë est rare à Tunis) en même temps que le diplobacille de Morax, sur 59 malades divers de la clinique ophtalmologique de M. Cuénod. Pour la recherche de ces deux microbes, nous possédons des milieux électifs, la gélose au sang cuit pour le Weeks, le sérum coagulé pour le Morax.

De nos 59 sujets, 5 doivent être mis à part, ils présentaient une conjonctivite aiguë, cliniquement analogue à celle que cause le Weeks; celui-ci pourtant y faisait défaut. Les 54 autres doivent être rangés en trois catégories :

1° *Quatre malades atteints d'une conjonctivite subaiguë du type Morax.* Chez deux, nous avons rencontré à la fois le Morax et le Weeks, chez un le Weeks seul, chez le dernier ni l'un ni l'autre.

2° *Vingt-six malades présentant une réaction conjonctivale banale ou très légère*, souvent greffée sur un trachome, ont donné une fois Weeks et Morax, six fois Weeks seul, une fois Morax seul.

3° *Vingt-quatre malades atteints de maladies diverses des yeux, mais sans réaction conjonctivale :* deux fois le Weeks et le Morax associés, deux fois le Weeks seul.

Si nous n'envisageons que les trachomateux, sept fois sur vingt et un examens, nous avons rencontré le Weeks.

Il est à noter que, généralement, les cultures du Weeks et du Morax étaient abondantes et que le Morax, cinq fois sur six, a été rencontré associé au Weeks. Dans un seul cas de cette enquête nous avons recherché la virulence de ces microbes (cas appartenant cliniquement au type Morax), Weeks et Morax isolés étaient dépourvus de virulenee.

IV. Conclusions. — 1° Il existe en Tunisie des races multiples du bacille de Weeks. Les vaccins et sérums à employer pour la prévention de la conjonctivite aiguë devront donc être préparés avec plusieurs échantillons de ce microbe, choisis parmi les plus éloignés.

2° Le bacille de Weeks se rencontre fréquemment (un quart des cas) en dehors de la conjonctivite aiguë chez les malades atteints d'affections oculaires diverses. Il sera bon de chercher le rôle que peuvent jouer ces microbes, en apparence saprophytes, dans l'étiologie de la conjonctivite aiguë. Il sera bon de déterminer aussi leurs rapports avec le bacille de Pfeiffer.

ÉLECTIONS

Par la majorité absolue des suffrages, M. E. **Quénu** est réélu membre de la *Commission supérieure des maladies d'origine professionnelle.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Président du Franklin Institute** invite l'Académie à se faire représenter à la célébration du centenaire de la fondation de cet établissement à Philadelphie, le 17 septembre 1924.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Index generalis. Annuaire général des Universités*, publié sous la direction de R. de Montessus de Ballore (1923-1924).

2° J. Rieux. *Hématologie clinique*. (Présenté par M. H. Vincent.)

3° *Report on the Danish oceanographical expeditions* 1908-1910 *to the mediterranean and adjacent seas*, publié par JOHS. SCHMIDT, n°s 1 à 7. (Présenté par M. P. Joubin.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les substitutions linéaires.* Note (¹) de M. A. VAKSELJ, présentée par M. J. Hadamard.

On sait qu'un groupe de substitutions linéaires qui admet un cercle invariant ne peut pas par cela même contenir des substitutions loxodromiques. Il est maintenant intéressant de voir que l'absence de telles substitutions caractérise déjà complètement ces groupes. Pour cela, voyons quelles sont les conditions pour qu'un groupe dérivant d'un nombre fini n de substitutions nonloxodromiques admette un cercle invariant. Ce dernier problème a été abordé par M. Klein (²) qui au fond demande, pour que deux substitutions elliptiques laissent un cercle invariable, que le rapport anharmonique des quatre points fixes soit réel. L'interprétation géométrique de ce résultat est évidente et sa généralisation est immédiate. Mais on peut encore de beaucoup simplifier cette condition.

La propriété fondamentale des substitutions linéaires est de transformer un cercle quelconque

$$az\bar{z} + bz + \bar{b}\bar{z} + c = 0$$

du plan z en un autre dont les nouvelles coordonnées a', b', $\bar{b}'$, c' sont liées aux anciennes par des relations linéaires et homogènes (³). On voit par là qu'il existe un lien simple entre le groupe linéaire et le groupe projectif de l'espace homogène $(a, b, \bar{b}, c)$ qui laisse invariante la quadrique $b\bar{b} - ac = 0$ (⁴). Un faisceau de cercles et son faisceau orthogonal dans le plan z ont pour image dans l'espace homogène $(a, b, \bar{b}, c)$ deux droites, conjuguées par rapport à la quadrique absolue $b\bar{b} - ac = 0$.

Prenons d'abord une substitution linéaire S :

$$S = \begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ \gamma & \delta \end{pmatrix}, \quad \alpha\delta - \beta\gamma = 1,$$

(¹) Séance du 24 mars 1924.

(²) *Math. Annalen*, t. 64, 1907, p. 187.

(³) FRICKE-KLEIN, *Automorphe Funktionen*, t. 1 (*F. K. I.*), 1897, p. 453.

(⁴) *F. K. I.*, 1897, p. 497.

faisant correspondre au point $(a, b, \bar{b}, c)$ le point $(a', b', \bar{b}', c')$ qui n'est un point fixe que si l'on a

$$a' = \rho a, \qquad b' = \rho b, \qquad \bar{b}' = \rho \bar{b}, \qquad c' = \rho c.$$

Cela nous donne pour ρ les deux conditions suivantes :

$$(1) \qquad \rho^2(b\bar{b} - ac) = b'\bar{b}' - a'c' = b\bar{b} - ac,$$

$$(2) \qquad \rho^4 - \mathrm{I}\bar{\mathrm{I}}\rho^3 + (\mathrm{I}^2 + \bar{\mathrm{I}}^2 - 2)\rho^2 - \mathrm{I}\bar{\mathrm{I}}\rho + 1 = 0,$$

l'équation (2) étant l'équation caractéristique de la substitution

$$(a, b, \bar{b}, c;\ a', b', \bar{b}', c'),$$

I désignant le module $\alpha + \delta$ de la substitution S, $\bar{\mathrm{I}}$ l'imaginaire conjuguée de I. Si nous voulons que le cercle invariable ait un rayon non nul, on trouve $\rho^2 = 1$ et, par suite suivant les deux cas $\rho = +1$ et $\rho = -1$,

$$(3) \qquad (\mathrm{I} - \bar{\mathrm{I}})^2 = 0 \qquad \text{ou} \qquad (\mathrm{I} + \bar{\mathrm{I}})^2 = 0.$$

On appelle les substitutions dont le module I est réel des substitutions nonloxodromiques de première espèce, et celles dont I est purement imaginaire nonloxodromiques de seconde espèce. Les unes et les autres laissent invariable dans l'espace $(a, b, \bar{b}, c)$ point par point toute une droite dont les coordonnées sont respectivement pour les deux cas $\rho = +1$ et $\rho = -1$:

$$(4) \quad \mathrm{X}_1 = \alpha - \bar{\alpha}, \quad \mathrm{X}_2 = -\bar{\beta}, \quad \mathrm{X}_3 = \beta, \quad \mathrm{L}_1 = \alpha - \bar{\delta}, \quad \mathrm{L}_2 = \bar{\gamma}, \quad \mathrm{L}_3 = \gamma;$$

$$(5) \quad \mathrm{X} = \alpha + \bar{\alpha}, \quad \mathrm{X}_2 = \bar{\beta}, \quad \mathrm{X}_3 = \beta, \quad \mathrm{L}_1 = \alpha + \bar{\delta}, \quad \mathrm{L}_2 = -\bar{\gamma}, \quad \mathrm{L}_3 = \gamma.$$

Il est maintenant aisé d'en déduire la condition pour que deux substitutions nonloxodromiques laissent un même cercle invariable. En effet l'application de la formule bien connue

$$\sum_{i=1}^{3} (\mathrm{X}'_i \mathrm{L}_i + \mathrm{X}_i \mathrm{L}'_i) = 0$$

nous donne immédiatement pour les trois combinaisons possibles des cas $\rho = 1$ et $\rho = -1$:

$$(6) \qquad \mathrm{I}_{12} - \bar{\mathrm{I}}_{12} = 0 \qquad \text{ou} \qquad \mathrm{I}_{12} + \bar{\mathrm{I}}_{12} = 0,$$

I_{12} désignant le module du produit $\mathrm{S}_1\mathrm{S}_2$ des deux substitutions S_1, S_2 :

$$\mathrm{I}_{12} = \alpha_{12} + \delta_{12} = \alpha_1 \alpha_2 + \delta_1 \delta_2 + \beta_1 \gamma_2 + \gamma_1 \beta_2.$$

On a le théorème :

La condition nécessaire et suffisante pour que deux substitutions nonloxodromiques laissent un cercle invariable est que leur produit soit aussi une substitution nonloxodromique.

Ce théorème a été donné dans le cas des deux substitutions elliptiques par M. Plemelj, et il fut généralisé ensuite par M. Plemelj et moi. C'était notamment par la considération des substitutions nonloxodromiques de seconde espèce que je fus conduit à la démonstration ci-dessus. Enfin, je dois citer une proposition de M. Schilling [1], — d'ailleurs sans influence dans ces recherches qui donne, dans certains cas spéciaux, des résultats analogues.

Dans le cas de trois substitutions nonloxodromiques je suis arrivé au théorème suivant :

Les trois substitutions nonloxodromiques de première espèce S_1, S_2, S_3 *laissent un même cercle invariable, si les modules* I_{12}, I_{23}, I_{123} *sont réels et vérifient en même temps l'inégalité*

$$(I_1 I_3 + I_2 I_{123} - I_{12} I_{23})^2 - 4[I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_{12}^2 + I_{23}^2 + I_{123}^2 + I_1 I_2 I_3 I_{123} - I_{23}(I_1 I_{123} + I_2 I_3) - I_{12}(I_3 I_{123} + I_1 I_2) - 4] \geqq 0.$$

Une conséquence immédiate des deux théorèmes précédents est le suivant annoncé au début de cette Note :

La condition nécessaire et suffisante pour qu'un groupe de substitutions linéaires admette un cercle invariant est qu'il ne contienne pas de substitutions loxodromiques.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une théorie nouvelle des problèmes d'intégration.* Note de M. E. **Vessiot**, présentée par M. E. Goursat.

L'intégration d'un système complet d'équations linéaires homogènes aux dérivées partielles équivaut à celle d'un système de Pfaff complètement intégrable. Je voudrais résumer ici une théorie qui équivaut, dans le cas le plus général, à la théorie des systèmes de Pfaff due à M. Cartan. La terminologie mettra en évidence le parallélisme des deux théories, qui, du point de vue géométrique, ont des origines dualistiques.

1. J'appelle *faisceau de transformations infinitésimales*, de degré r, l'en-

---

(1) *Math. Annalen*, t. 44, 1893, p. 190.

semble de toutes les transformations $U = u_1 X_1 + \ldots + u_r X_r$, où $X_1, \ldots, X_r$ sont des transformations indépendantes (¹) données, et $u_1, \ldots, u_r$ des fonctions arbitraires des variables $x_1, \ldots, x_n$ considérées. Introduisant $s = n - r$ transformations arbitraires $Z_1, \ldots, Z_s$, on a des *formules de structure*

$$(X_i, X_k) \equiv C_{i,k,1} Z_1 + \ldots + C_{i,k,s} Z_s \quad (\text{mod } X_1, \ldots, X_r) \quad (i, k = 1, 2, \ldots, r).$$

Les seconds membres fournissent un certain nombre de transformations indépendantes qui, associées à $X_1, \ldots, X_r$, définissent le *faisceau dérivé* du faisceau donné $\mathcal{F}$. Ce dérivé fournit de nouvelles formules de structure, et ainsi de suite. Si $\mathcal{F}$ coïncide avec son dérivé, il est dit *complet*. Si le *dernier dérivé* de $\mathcal{F}$ est de degré n' inférieur à n, on peut, par l'intégration d'un système complet, ramener $\mathcal{F}$ à ne dépendre *effectivement* que de n' variables.

Deux transformations de $\mathcal{F}$ sont dites *en involution*, si leur crochet fait partie du faisceau. La condition d'involution est bilinéaire (homogène) par rapport aux coordonnées $(u_1, \ldots, u_r)$ des deux transformations. Une transformation de $\mathcal{F}$ est *distinguée* si elle est en involution avec toute transformation de $\mathcal{F}$: c'est dire qu'*elle laisse le faisceau $\mathcal{F}$ invariant.* S'il en existe, leur ensemble est un *sous-faisceau* complet.

Une *involution* de $\mathcal{F}$ sera un sous-faisceau à transformations deux à deux en involution. Partant de U, où $u_1, \ldots, u_2$ sont laissés indéterminés, imposons à $V = v_1 X + \ldots + v_r X_r$ la condition d'être en involution avec U; s'il n'en résulte aucune condition pour les u_i seuls, et si cela donne un nombre q_1 d'équations indépendantes (en $v_1, \ldots, v_r$) inférieur à $r - 1$, le faisceau $\mathcal{F}$ sera dit *involutif*, *d'ordre* 2, et l'on aura ainsi son *involution générale de degré* 2. Imposons alors à $W = w_1 X_1 + \ldots + w_r X_r$ la condition d'être en involution avec U et V; s'il n'en résulte aucune relation nouvelle entre les u_i et v_i seuls, et si cela donne un nombre q_2 d'équations indépendantes (en $w_1, \ldots, w_r$) inferieur à $r - 2$, le faisceau $\mathcal{F}$ sera dit *involutif*, *d'ordre* 3, et l'on aura ainsi son *involution générale de degré* 3. Et ainsi de suite....

Le *genre* d'un faisceau est son ordre maximum d'involutivité; les nombres $q_1, q_2, \ldots$ sont ses *indices d'involutivité*. Une transformation de $\mathcal{F}$ est *singulière* si, en écrivant que V est en involution avec elle, on obtient moins de

(¹) J'entends par là que les $X_k = \sum_\alpha \xi_{k\alpha}(x_1, \ldots, x_n) \frac{\partial f}{\partial x_\alpha}$ sont des formes en $\frac{\partial f}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial f}{\partial x_n}$ indépendantes.

q_1, équations indépendantes (en $v_1, \ldots, v_r$). Les *involutions singulières* se définissent de même.

2. Une multiplicité, à p dimensions, de l'espace $x_1, \ldots, x_n$ sera dite une *intégrale* de $\mathcal{F}$, si elle admet p transformations de $\mathcal{F}$ (indépendantes). Une *intégrale complète* sera constituée par ∞^{n-p} intégrales à p dimensions. *Intégrer* le faisceau, ce sera en trouver toutes les intégrales. Il suffit, en fait, de trouver les intégrales complètes. Si $\mathcal{F}$ est complet, cela revient à intégrer le système $X_1 = 0, \ldots, X_r = 0$, qui est alors complet. On en conclut qu'*intégrer un faisceau $\mathcal{F}$ quelconque équivaut à en trouver les sous-faisceaux complets.*

On doit les chercher parmi les involutions. Si le faisceau $\mathcal{F}$ est involutif d'ordre p, il a des sous-faisceaux complets de degré p, où figurent, comme arbitraires, $q = r - p$ fonctions de $n - p + 1$ variables, $q - q_1$, fonctions de $n - p + 2$ variables, ..., et $q - q_{p-1}$, fonction de n variables.

Si $\mathcal{F}$ n'est pas involutif d'ordre p, la recherche des intégrales à p dimensions conduit à *prolonger* le faisceau, en introduisant les éléments infinitésimaux successifs d'ordre 1, 2, ... des intégrales. Si ces intégrales existent, on les trouvera soit comme admettant des transformations infinitésimales connues, soit comme intégrales générales d'un faisceau involutif, issu de $\mathcal{F}$ par l'un de ces prolongements successifs.

3. L'identité (utilisée par M. Cartan dans d'autres questions)

$$df = \varpi_1 X_1 + \ldots + \varpi_r X_r + \omega_1 Z_1 + \ldots + \omega_s Z_s$$

montre que l'intégration du faisceau $\mathcal{F}$ équivaut à celle du système de Pfaff

$$\omega_1 = 0, \quad \ldots, \quad \omega_s = 0,$$

et établit la corrélation entre les deux théories.

Quant aux systèmes d'équations aux dérivées partielles, ils se ramènent à la forme résolue

$$\frac{\partial z_k}{\partial x_i} = \zeta_{ki}(x_1, \ldots, x_p; z_1, \ldots, z_m; w_1, \ldots, w_t) \qquad (k = 1, 2, \ldots, m; i = 1, 2, \ldots, p),$$

où $w_1, \ldots, w_t$ sont des inconnues auxiliaires; et leur intégration revient à la recherche des intégrales à p dimensions du faisceau

$$\frac{\partial f}{\partial x_i} + \sum_{\gamma=1}^{m} \zeta_{\gamma i} \frac{\partial f}{\partial z_\gamma}, \; \frac{\partial f}{\partial w_j} \qquad (i = 1, 2, \ldots, p; j = 1, 2, \ldots, t).$$

Les *caractéristiques de Cauchy* sont les intégrales du sous-faisceau complet

formé par les transformations distinguées de $\mathcal{G}$. Leur existence dépend de celle de telles transformations. Leur utilisation résulte de la simplification du faisceau, par introduction, comme variables nouvelles, des invariants du sous-faisceau caractéristique.

Les *caractéristiques de Monge* proviennent, éventuellement, de transformations et d'involutions singulières. Elles se présentent comme intégrales de sous-faisceaux (caractéristiques); leurs *invariants* éventuels sont des invariants de ces sous-faisceaux. Les sous-faisceaux caractéristiques se prolongent en même temps que le faisceau donné.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une question de probabilités.* Note (¹) de M. J. **Haag**, présentée par M. Émile Borel.

Je reviens sur le problème étudié dans une Note antérieure (²).

1. Supposons que *le nombre n des événements devienne infini* et cherchons à déterminer, de la manière la plus générale, la valeur asymptotique de t_k. Posons $\frac{k}{n} = x$ et $1 - x = y$. En s'appuyant sur la formule de Stirling, on trouve aisément que la valeur asymptotique de C_n^k est $\frac{1}{z^n\sqrt{2\pi nxy}}$, z désignant la fonction $x^x y^y$. Dès lors, les termes $C_n^k\, t_k$ correspondant aux valeurs de k comprises entre nx et $n(x+dx)$ ont pour somme $\frac{\sqrt{n}\, t_k\, dx}{z^n\sqrt{2\pi xy}}$. On est ainsi conduit à poser

$$t_k = \sqrt{2\pi xy}\, f(x)\, \frac{z^n}{\sqrt{n}}, \tag{1}$$

$f(x)$ désignant une fonction positive, assujettie à la seule condition

$$\int_0^1 f(x)\, dx = 1. \tag{2}$$

On a ensuite, par un calcul facile,

$$z_q^p = \int_0^1 x^p y^q f(x)\, dx. \tag{3}$$

(¹) Séance du 10 mars 1924.

(²) Voir *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 838.

En annulant q ou p, on a les nombres x_p, y_q et les formules donnant z_p^q en fonction de ces nombres sont d'une vérification immédiate.

Il est à remarquer que la formule (10) peut maintenant être établie directement, au moyen des probabilités composées et des probabilités totales. Il suffit de remarquer que $f(x)\,dx$ représente la probabilité pour que la *fréquence* des événements favorables soit comprise entre x et $x+dx$. Il n'est même plus nécessaire de supposer que les événements E constituent un ensemble dénombrable; ils peuvent constituer un ensemble continu.

2. Considérons le cas particulier où les différents événements sont indépendants. Si u désigne la probabilité pour que l'un quelconque d'entre eux soit favorable, la valeur asymptotique de $f(x)$ est $\frac{\sqrt{n}}{\sqrt{2\pi xy}}\left(\frac{u^x v^y}{x^x y^y}\right)^n$. Or le facteur entre parenthèses est plus petit que 1, sauf pour $x=u$, $y=v$, auquel cas il est égal à 1. On en conclut que, pour n infini, $f(x)$ est nul si $x\neq u$, et infini si $x=u$. C'est le théorème de Bernoulli. Si l'on pose $x=u+\frac{z}{\sqrt{n}}$, un calcul facile montre que la valeur asymptotique de $f(x)\,dx$ est $\frac{1}{\sqrt{2\pi uv}}e^{-\frac{z^2}{2uv}}dz$. On retrouve la classique loi des écarts.

Il est enfin facile de vérifier que la formule (10) conduit à la probabilité bien connue $u^p v^q$.

3. *Soit m événements* $E_1, E_2, \ldots, E_m$, *de probabilité commune x. On fait n épreuves. A chacune d'elles peut se produire un seul événement. Quelle est la probabilité pour que p événements désignés se réalisent au moins a fois et au plus b fois et que q autres événements également désignés* (¹) *se réalisent moins de a fois ou plus de b fois?*

Convenons de dire qu'un des événements E est favorable s'il est réalisé au moins a fois et au plus b fois et qu'il est défavorable dans le cas contraire. La probabilité demandée est évidemment z_p^q; il nous suffit donc d'évaluer les x_k et les y_k. Or ce calcul peut se faire directement par les probabilités composées et les probabilités totales. Posons $t=\frac{x}{1-kx}$ et appelons S_n la somme des $n+1$ premiers termes de la série e^t. Si T_c désigne le terme de

(¹) Si les événements ne sont pas désignés, la probabilité est

$$\sum_{k=p}^{m-q} C_m^k t_k.$$

degré $c \leqq n$ de $(S_b - S_{a-1})^k$, on a

$$x_k = (1 - kx)^n n! \sum \frac{T_c}{(n-c)!}. \tag{4}$$

Pour y_k, on emploiera la même formule, en partant du développement de $(S_n - S_b + S_{a-1})^k$.

On peut utiliser indifféremment les x_k ou les y_k pour le calcul de z_p^q (¹). Mais il y a avantage à se servir des x_k si $b - a < \frac{n}{2}$ et des y_k dans le cas contraire.

4. Supposons que *n augmente indéfiniment*. Si p ne tend pas vers zéro et que a et b ou bien $n - a$ restent finis, x_k tend vers zéro et y_k tend vers un. Si a et $n - b$ restent finis, x_k tend vers un et y_k vers zéro. Ces résultats sont d'accord avec les théorèmes généraux de M. Borel sur les probabilités dénombrables (²). Si a et $n - a$ deviennent simultanément infinis, on ne peut rien conclure.

Supposons maintenant que *p tende vers zéro*, de telle manière que np ait une limite finie u. Si a et b restent fixes, les limites de x_k et de y_k sont respectivement v^k et $(1 - v)^k$, en posant

$$v = e^{-u} \sum_{h=a}^{b} \frac{u^h}{h!}.$$

5. Les applications concrètes du problème traité au paragraphe 3 ci-dessus sont très nombreuses. Citons, par exemple, les problèmes 21, 22, 30, 33 à 37, 39 à 42 du *Calcul des probabilités* de J. Bertrand. Il serait non moins facile de trouver des cas particuliers intéressants du problème résolu dans ma précédente Note. Je mentionnerai seulement le *problème des rencontres* (cf. J. Bertrand, *op. cit.*, p. 51). La probabilité x_k est évidemment $\frac{(m-k)!}{m!}$, si m est le nombre des boules. On en déduit la probabilité z_p^q pour que p boules déterminées donnent la rencontre et que q autres boules également désignées ne la donnent pas. En particulier, on trouve immédiatement que la probabilité pour qu'il y ait juste n rencontres est

$$p_n = \frac{1}{n!} \sum_{k=0}^{m-n} \frac{(-1)^k}{k!}.$$

(¹) En comparant les deux méthodes, on obtient des identités dont la vérification directe paraît assez ardue, du moins dans le cas général.

(²) *Leçons sur la Théorie des fonctions*, 2ᵉ édition, p. 187. Nous nous trouvons dans le *cas de divergence*, puisque $p_n = p$.

MÉCANIQUE. — *Sur les résonances de torsion des arbres de transmission.* Note de M. CHARLES PLATRIER, présentée par M. H. Sebert.

I. Définissons une *notation symbolique*. Pour cela considérons : trois nombres entiers n, p, q,

$$n \geqq p \geqq q \geqq 1;$$

$n - 1$ constantes $h_1, h_2, \ldots, h_{n-1}$, et n angles $a_1, a_2, \ldots, a_n$.

Convenons de représenter par les symboles

$$\mathcal{S}\sin(a_q + a_{q+1} + \ldots + a_p), \qquad \mathcal{S}\cos(a_q + a_{q+1} + \ldots + a_p)$$

deux sommes de termes obtenues de la façon suivante :

1° On développera soit $\sin(a_q + a_{q+1} + \ldots + a_p)$, soit $\cos(a_q + a_{q+1} + \ldots + a_p)$ respectivement comme sinus ou cosinus de la somme des deux angles $\overline{a_q + \ldots + a_{p-1}}$ et a_p et l'on fera précéder dans ce développement : 1° les termes en $\sin(a_q + \ldots + a_{p-1})$ et $\cos(a_q + \ldots + a_{p-1})$ du symbole $\mathcal{S}$; 2° les termes en $\mathcal{S}\sin(a_q + \ldots + a_{p-1})$ seulement du multiplicateur h_{p-1}.

2° On opérera ensuite sur $\mathcal{S}\sin(a_q + \ldots + a_{p-1})$ et $\mathcal{S}\cos(a_q + \ldots + a_{p-1})$ comme sur $\mathcal{S}\sin(a_q + \ldots + a_p)$ et $\mathcal{S}\cos(a_q + \ldots + a_p)$ etc. jusqu'à disparition du symbole $\mathcal{S}$.

Par exemple :

$$\begin{aligned}\mathcal{S}\sin(a_3 + a_4 + a_5) &= \sin a_5 \times \mathcal{S}\cos(a_3 + a_4) + \cos a_5 \times h_4 \mathcal{S}\sin(a_3 + a_4)\\ &= \sin a_5(\cos a_4 \cos a_3 - \sin a_4 \times h_3 \sin a_3)\\ &\quad + \cos a_5 \times h_4(\cos a_4 \times h_3 \sin a_3 - \sin a_4 \cos a_3).\end{aligned}$$

II. Dans une Note antérieure [1] *Sur un problème fondamental à une étude de la torsion des arbres de transmission* nous avons établi la relation

$$(1) \qquad \alpha_p = \left[A_p \sin\left(\frac{x}{\lambda} + \psi_p\right) - N_p\right] \sin\frac{T}{t}$$

qui définit l'angle α_p dont tourne la section x du $p^{\text{ième}}$ cylindre constituant la transmission d'axe Ox, chaque cylindre étant soumis à des couples extérieurs $l_p \frac{I_p N_p}{T^2} \sin\frac{t}{T}$ d'axe Ox qui servent uniquement à tordre l'arbre, couples uniformément répartis sur la longueur de chaque cylindre et sinusoïdaux de même période et de même phase pour tous les cylindres.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 990.

D'autre part, nous avons montré que les amplitudes A_p et les phases ψ_p qui entrent dans la formule (1) sont données par les relations

$$\varphi_p = \sqrt{\frac{I_p}{K_p}}\,\frac{l_1 + l_2 + \ldots + l_{p-1}}{T} + \psi_p;$$

$$(2)\quad \begin{cases} \cos\varphi_1 = 0, \quad \cos(\varphi_n + a_n) = \cos\varphi_{n+1} = 0; \\ A_p \sin\varphi_p = A_{p-1}\sin\overline{\varphi_{p-1} + a_{p-1}} + P_{p-1} \\ A_p \cos\varphi_p = h_{p-1} A_{p-1} \cos\overline{\varphi_{p-1} + a_{p-1}} \end{cases} \quad (p = 2, 3, \ldots, n), \quad P_p = N_{p+1} - N_p,$$

en conservant toutes les notations adoptées dans la Note citée plus haut.

On en déduit, en tenant compte notamment de la valeur de φ_1,

$$(3)\quad \begin{cases} A_p \sin\varphi_p = A_1 \mathcal{S}\cos(a_1 + a_2 + \ldots + a_{p-1}) + P_1 \mathcal{S}\cos(a_2 + a_3 + \ldots + a_{p-1}) \\ \qquad + P_2 \quad \mathcal{S}\cos(a_3 + \ldots + a_{p-1}) + \ldots \\ \qquad + P_{p-3}\mathcal{S}\cos(a_{p-2} + a_{p-1}) + P_{p-2}\cos a_{p-1} + P_{p-1}, \\ \dfrac{-A_p}{h_{p-1}}\cos\varphi_p = A_1 \mathcal{S}\sin(a_1 + a_2 + \ldots + a_{p-1}) + P_1 \mathcal{S}\sin(a_2 + a_3 + \ldots + a_{p-1}) \\ \qquad + P_2 \quad \mathcal{S}\sin(a_3 + \ldots + a_{p-1}) + \ldots \\ \qquad + P_{p-3}\mathcal{S}\sin(a_{p-2} + a_{p-1}) + P_{p-2}\sin a_{p-1}. \end{cases}$$

Ces formules sont évidentes pour $p = 2$ et en les supposant vraies pour $p - 1$ on les établit facilement pour p.

En écrivant que $\cos\varphi_{n+1} = 0$, on obtient enfin

$$(4)\quad A_1 = -\frac{P_1 \mathcal{S}\sin(a_2 + \ldots + a_n) + P_2 \mathcal{S}\sin(a_3 + \ldots + a_n) + \ldots + P_{n-1}\sin a_n}{\mathcal{S}\sin(a_1 + a_2 + \ldots + a_n)},$$

égalité qui, jointe aux relations (3), définit explicitement les amplitudes $A_1, \ldots, A_n$ et les angles $\varphi_2, \varphi_3, \ldots, \varphi_n$.

III. L'équation qui détermine les résonances de torsion s'obtient en écrivant que les A_p et en particulier A_1 sont infinis. On peut donc dire que la condition ou *équation de résonance* est

$$(5)\quad \mathcal{S}\sin(a_1 + a_2 + \ldots + a_n) = 0.$$

Elle définit les *périodes critiques* $2\pi T$ *pour l'arbre de transmission considéré* et il est à remarquer qu'*elle est indépendante des amplitudes* $l_p \frac{I_p N_p}{T^2}$ *des couples des forces extérieures*, puisque indépendante des P_p.

IV. Posons $\frac{1}{2\pi T} = x$. Quand les cylindres constituant l'arbre de trans-

mission sont en métaux auxquels s'applique la théorie classique de l'élasticité, on peut poser

$$V_p^2 = \frac{K_p}{I_p} = \frac{\mu_p}{\rho_p}, \tag{6}$$

μ_p et ρ_p étant respectivement pour le $p^{\text{ième}}$ cylindre le coefficient μ de Lamé et la densité du métal.

D'où

$$K_p = I_p \frac{\mu_p}{\rho_p}, \qquad h_p = \frac{K_p}{K_{p+1}}, \qquad a_p = \frac{2\pi l_p}{V_p} x = b_p x. \tag{7}$$

Les constantes h_p et b_p peuvent donc être calculées pratiquement et l'on pourra construire la courbe

$$y = \mathcal{S} \sin(b_1 x + b_2 x + \ldots + b_n x) \tag{8}$$

dont les intersections avec l'axe des x définissent les *fréquences de résonance* de l'arbre de transmission considéré.

V. Quand l'arbre de transmission comportera une pièce qui ne sera pas constituée par un cylindre de métal répondant aux conditions ci-dessus, par exemple un accouplement élastique, on remplacera la pièce en question par un cylindre de même longueur en métal fictif auquel on attribuera le même V_p et le même K_p que ceux propres à la pièce.

La méthode exposée ci-dessus peut donc être considérée comme une *méthode générale de recherche des résonances de torsion des arbres de transmission.*

RELATIVITÉ. — *Validité locale d'un théorème de l'ancienne dynamique. Sens divers du mot vitesse dans la théorie de la relativité.* Note de M. **Léméray**, présentée par M. L. Lecornu.

Dans la mécanique newtonienne, si plusieurs mobiles se déplacent dans un champ statique admettant un potentiel uniforme et si la constante des forces vives (par unité de masse) est la même pour tous, leurs vitesses à la traversée d'une même surface de niveau sont toutes égales et indépendantes de la direction. Si, par exemple, on conçoit plusieurs planètes comme passant en un même point, on aura, en employant les coordonnées polaires dans le plan de chaque trajectoire :

$$\rho'^2 + \rho^2 \varphi'^2 = 2\left(\frac{\mu}{\rho} - E\right).$$

Si donc, à partir du point considéré, on porte, pour toutes les directions, un vecteur proportionnel à la vitesse, le lieu de son extrémité est une sphère.

Dans la mécanique de Newton, le mot « vitesse tangentielle » a un sens unique. Il n'en est plus de même dans la dynamique de la relativité. Il y a deux vitesses tangentielles qui diffèrent beaucoup : la vitesse observable v_0 et une vitesse que nous représenterons par v_T et que nous nous contenterons d'appeler vitesse théorique.

Elles sont susceptibles d'une définition nette. La première est une grandeur physique que peut mesurer, au lieu même où se trouve le mobile, l'observateur local effectif. Par définition, l'observateur local effectif est celui qui, à l'instant où le mobile passe près de lui, est immobile tout en étant soumis au champ. Ses instruments de mesure, règles, cercles gradués, horloges, etc. et lui-même subissent la transformation connue.

Son immobilité temporaire peut être aisément conçue; elle se produit quand il se trouve au point culminant d'une trajectoire radiale. On peut se placer à un point de vue moins spécial; mais on introduit dans le raisonnement des complications parasites.

La vitesse théorique se définit à partir de l'élément de ligne de Schwarzschild :

$$ds^2 = \frac{dr^2}{1-\alpha} - r^2\,d\varphi^2 + c^2(1-\alpha)\,dt^2, \qquad \left(\alpha = \frac{2\mu}{c^2 r}\right).$$

La condition habituelle $\delta\int ds = 0$ fournit l'intégrale première

$$(1) \quad \left(1-\frac{2\mu}{c^2 r}\right)^2 = \varepsilon\left[1-\frac{2\mu}{c^2 r} - \frac{r'^2}{c^2\left(1-\frac{2\mu}{c^2 r}\right)} - \frac{r^2\varphi'^2}{c^2}\right]; \qquad \left[r' = \frac{dr}{dt},\ \varphi' = \frac{d\varphi}{dt}\right].$$

On en déduit aussitôt la vitesse théorique radiale et la vitesse théorique transversale :

$$d\varphi = 0, \qquad v_{Tr} = \frac{dr}{dt}; \qquad dr = 0, \qquad v_{Tt} = r\frac{d\varphi}{dt};$$

c'est-à-dire

$$v_{Tr} = c\left(1-\frac{2\mu}{c^2 r}\right)\sqrt{\frac{\varepsilon - 1 + \frac{2\mu}{c^2 r}}{\varepsilon}}, \qquad v_{Tt} = c\sqrt{1-\frac{2\mu}{c^2 r}}\sqrt{\frac{\varepsilon - 1 + \frac{2\mu}{c^2 r}}{\varepsilon}}.$$

On voit que leur rapport est indépendant de la constante arbitraire ε.

Si, à échelle réduite, nous portons, à partir du point représentatif du

point considéré du champ, un vecteur proportionnel à la vitesse théorique pour chaque direction, le lieu de son extrémité est un ellipsoïde aplati de révolution autour de la direction radiale [1].

Vitesse observable. — On l'obtient, dans les directions radiale et transversale, par les relations

$$v_{0r}^2 = \frac{dr^2}{1-\frac{2\mu}{c^2 r}} : \left(1-\frac{2\mu}{c^2 r}\right)dt^2, \qquad v_{0t}^2 = r^2\, d\varphi^2 : \left(1-\frac{2\mu}{c^2 r}\right)dt^2,$$

ce qui donne, après réduction,

$$v_{0r} = v_{0t} = c\sqrt{\frac{\varepsilon - 1 + \frac{2\mu}{c^2 r}}{\varepsilon}}.$$

Ces valeurs sont égales; si donc, autour du point représentatif, on mène un vecteur proportionnel, le lieu de son extrémité est une sphère. La propriété qui se déduisait de la théorie de Newton, s'applique donc aux vitesses observables.

Vitesse de la lumière. — Il s'agit de la vitesse de la lumière dans le vide pneumatique parfait : les appareils se trouvant dans le champ de gravitation. En passant de la relativité restreinte à la relativité générale, Einstein a dit que la vitesse de la lumière ne pouvait pas être constante et encore aujourd'hui certains auteurs cherchent à faire état de cette divergence contre la théorie de la relativité. Mais l'impossibilité annoncée par Einstein s'applique à la vitesse théorique. Au contraire, la vitesse observable est *rigoureusement* invariante en tout lieu et dans toute direction, dans le champ solaire statique; l'aplatissement de l'ellipsoïde des vitesses théoriques est exactement le même que pour les planètes et comètes.

On a dit quelquefois que la lumière subissait une réfraction dans le champ solaire. Même à titre d'image, cela est inexact. S'il s'agit de la vitesse observable, celle-ci est constante. S'il s'agit de la vitesse théorique, c'est encore faux; car elle dépend non seulement de la valeur de r, c'est-à-dire du lieu, mais aussi de la direction.

Les vitesses et grandeurs théoriques permettent de tracer, *à échelle réduite*, la trajectoire lumineuse quasi hyperbolique que l'on sait (et de

---

[1] Cet énoncé rectifie un résultat donné dans nos *Leçons élémentaires sur la gravitation d'après la théorie d'Einstein*, p. 73 (Gauthier-Villars), où la substitution d'un cos à un sin conduisait à un ellipsoïde allongé.

calculer la déviation qui est en grandeur observable); mais elles sont incontrôlables directement. On ne peut concevoir d'expérience révélant point par point et dans son ensemble la courbure de la trajectoire. Si même, le long d'une trajectoire, se trouvaient des observateurs locaux effectifs, au sens défini, ils concluraient, de l'ensemble de leurs observations individuelles, à une trajectoire rigoureusement rectiligne.

PHYSIQUE. — *Chaleurs spécifiques des gaz et vitesse du son. Cas particulier de l'air.* Note de M. A. Leduc, présentée par M. A. Cotton.

I. On peut juger de l'insuffisance de nos connaissances sur les chaleurs spécifiques des gaz en considérant le cas le plus favorable, celui de la chaleur spécifique de l'air sous la pression constante d'une atmosphère entre 15° et 100°.

Tandis que Regnault donne 0,2375, qu'il faut porter à 0,2390, d'après ses propres expériences [1], Wiedemann, en 1876, trouve des nombres compris entre 0,2374 et 0,2414, dont la moyenne est aussi 0,239.

Mais Swann (1909) trouve 0,2414, à peu près confirmé par Scheel et Heuse (1912), et Escher (1913) retrouve le nombre de Regnault non corrigé : 0,2376.

Il est clair que les valeurs de C des autres gaz ne peuvent être que moins bien connues dans ces mêmes conditions, et que les difficultés augmentent si l'on opère à des températures et pressions quelconques. L'étude de la chaleur spécifique sous volume constant est encore plus difficile.

Me proposant d'instituer des recherches systématiques fondées sur la vitesse du son, je vais montrer qu'on peut préciser, dans le cas de l'air, la troisième décimale de C ci-dessus, et même aller un peu plus loin.

II. J'ai montré que, pour tenir compte de l'imperfection du gaz dans le calcul de la vitesse du son V, il suffit de multiplier l'expression classique relative au « gaz supposé parfait » par son volume moléculaire relatif φ [2]. Dans le cas de l'air à 0°, il est plus commode d'écrire

$$(1) \qquad V_0 = \sqrt{p_0 v_0 \varphi_0 \gamma_0}, \qquad \text{au lieu de} \qquad V_0 = \varphi_0 \sqrt{\frac{RT_0}{M} \gamma_0},$$

---

[1] A. Leduc, *Comptes rendus*, t. 126, 1898, p. 1860.

[2] Voir *Annales de Physique*, 9e série, t. 4, p. 16. — Pour l'air sec et privé de CO^2, on calcule φ par la règle des moyennes appliquées à 4 vol. Az + 1 vol. O, ce qui donne $\varphi_0 = 0,99943$.

ce qui donne

$$(2) \qquad \gamma_0 = \frac{V_0^2 \times 0,0012932}{0,99943 \times 76 \times 13,5955 \times 980,95}.$$

D'autre part, on a ici

$$(3) \qquad C_0 - c_0 = \frac{T}{J} \frac{\partial p}{\partial T} \frac{\partial v}{\partial T} = \frac{T_0}{J} p_0 v_0 \alpha_0 \beta_0$$

et les coefficients de dilatation sont

$$\alpha_0 = 3672,6.10^{-6} \quad \text{et} \quad \beta_0 = 3671,2.10^{-6}.$$

Il en résulte que

$$C_0 - c_0 = 0,06895.$$

III. De leurs expériences de Grenoble, MM. Violle et Vauthier avaient conclu que la vitesse du son dans l'air sec à 0° était $331^m,10$, à quelques centimètres près, par seconde. Mais à la suite de mes observations sur la correction d'humidité ([1]), M. Violle ([2]) remplaça par 0,16 le coefficient 0,1875 de Regnault dans la formule empirique

$$V_{hum} = V_{sec}\left(1 + 0,16\frac{f}{H}\right),$$

ce qui abaisse la correction de $0^m,90$ à $0^m,76$, et augmente V de $0^m,14$.

Il ajoute, en outre, $0^m,12$ pour diverses causes, et, notamment, pour l'insuffisance du diamètre de l'aqueduc de Grenoble, ce qui conduit à $V_0 = 331^m,36$.

Il y a lieu de faire encore trois petites corrections additives :

1° La correction d'humidité doit être diminuée de 5 cm/sec ([3]);

2° La température donnée par les thermomètres à mercure (12°,5) doit être abaissée de 0°,08 pour réduction à l'échelle normale, ce qui augmente V de 5 cm/sec;

3° Correction pour CO^2 : environ 3 cm/sec.

En résumé, en admettant que l'erreur sur la température moyenne de la colonne d'air ne dépasse pas 0°,15, et qu'il n'y a pas d'autres erreurs ou qu'elles se compensent, on obtient

$$V_0 = 331,5 \pm 0,1 \text{ m/sec}.$$

([1]) A. Leduc, *Comptes rendus*, t. 127, 1898, p. 659 et 1201.

([2]) *Recueil de Constantes de la Société française de Physique*, Tableau 159.

([3]) A. Leduc, *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 517.

Je montrerai ailleurs que cette valeur est compatible avec les résultats des meilleures expériences, dûment corrigés.

IV. Portant $V = 331^m,5$ dans l'équation (2), on trouve

$$\gamma_0 = 1,4027 \text{ (}^1\text{)}$$

qui, avec

$$C_0 - c_0 = 0,06895,$$

donne

$$C_0 = 0,2397 \quad \text{et} \quad c_0 = 0,1708.$$

Des calculs semblables, effectués en tenant compte des expériences de Wüllner et de Kundt relatives au rapport des vitesses du son à 100° et à 0° (moyenne = 1,1687), donnent

$$\gamma_{100} = 1,4020$$

et, d'autre part,

$$(C - c)_{100} = 0,06881,$$

d'où :

$$C_{100} = 0,2406 \quad \text{et} \quad c_{100} = 0,1716.$$

On en conclut qu'entre 15° et 100°

$$C = 0,2403 \quad \text{et} \quad c = 0,1713.$$

L'incertitude de ces nombres ne dépasse guère 1 pour 1000.

Remarque. — Joly, extrapolant ses expériences jusqu'à pression nulle, trouve, entre 12° et 100° :

$$c = 0,1715.$$

Cette remarquable concordance surpasse ce qu'on était en droit d'espérer, et constitue un beau succès pour la méthode de condensation. Il faut noter cependant que l'on a

$$\frac{1}{c}\frac{\partial c}{\partial T} > \frac{1}{C}\frac{\partial C}{\partial T} > 0,$$

tandis qu'on aurait d'après Joly

$$\frac{\partial c}{\partial T} < 0.$$

---

(1) Bien qu'on retrouve le nombre de Lummer et Pringsheim ($\gamma = 1,4025$), il y aura lieu de discuter leurs expériences.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un dispositif permettant de chauffer électriquement dans le vide à haute température.* Note de MM. **P. Lebeau** et **M. Picon**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les divers fours électriques à vide généralement décrits ne permettent pas d'obtenir simultanément une température de 2000°, un vide excellent et la mesure exacte de la température. Seul le modèle construit par Birnbraüer [1] semble réunir les deux premières qualités, mais la détermination de la température reste incertaine, car le corps chauffé ne remplit pas les conditions du corps noir.

Dans l'appareil que nous avons réalisé, la température est évaluée par visée à l'intérieur du tube de chauffe et dans le voisinage immédiat de la substance mise en expérience.

Le dispositif consiste essentiellement en un tube de charbon ou de métal réfractaire, molybdène ou tungstène, formant résistance et placé dans l'intérieur d'un ballon de verre Pyrex ou de quartz. Ce tube est relié à chacune de ses extrémités avec des conducteurs en cuivre, formés de deux tubes concentriques, entre lesquels circule un courant d'eau froide. Dans chacun de ces conducteurs, le tube central plus long que le tube extérieur déborde ce dernier à ses deux extrémités. L'une des parties débordantes supporte le tube chauffant avec lequel le contact est assuré au moyen d'un anneau intercalaire massif en graphite ou en fer. Les conducteurs et le tube constituent en somme un cylindre unique situé selon l'axe horizontal du four, relié d'un côté aux appareils à vide et de l'autre obturé par une petite lame de verre qui permet d'effectuer la visée à l'intérieur. Les joints sont faits avec du mastic de Golaz.

Le ballon de quartz ou de Pyrex est refroidi par un vif courant d'eau, s'étalant en surface, qui assure une réfrigération suffisante, alors même que la température du tube chauffant atteint 2400°. Le refroidissement des joints en mastic Golaz, qui fixent les conducteurs en cuivre au ballon, est également produit par un courant d'eau froide; ils sont en outre protégés contre le rayonnement par des écrans en carton d'amiante.

Pour faire le vide dans l'appareil, on emploie une pompe à vapeur de mercure reliée à une pompe rotative à huile à double effet de Gaiffe. Sur la

---

(1) Birnbrauer, *Chemiker Zeitung*, t. 38, 1914, p. 951.

canalisation, entièrement en verre, se trouvent placées, en dérivation : une trompe à mercure servant à l'extraction des gaz produits au cours des essais et une ampoule à anhydride phosphorique assurant la dessiccation du système. Le vide que l'on obtient ainsi cesse d'être appréciable à la jauge de Mac Leod et l'on arrive facilement à l'extinction d'un tube de Plücker.

Le four est supporté par deux montants en fer servant de prise de courant et fixés sur bâti de bois.

La matière à chauffer est mise dans un petit creuset qui peut être conduit dans la partie centrale du tube de chauffe à l'aide d'une tige de fer pouvant être déplacée dans le four entièrement clos au moyen d'un aimant.

Pour la détermination de la température, nous avons utilisé un pyromètre optique à disparition de filament, du type Holborn Kurlbaum. Cet appareil comporte deux échelles : la première allant de 700° à 1400°, la seconde de 1400° à 3600°. Pour la deuxième échelle, l'étalonnage donné par les fournisseurs a été contrôlé par nous pour le point de fusion du platine. Nous avons utilisé une bande de platine de $\frac{1}{50}$ de millimètre d'épaisseur et de 3^{cm} de longueur chauffée dans l'air. Nous avons trouvé pour le point de fusion apparent 1545°, point de fusion coïncidant avec celui donné par Holborn et Kurlbaum (1), lorsque ce métal ne remplit pas les conditions du corps noir et rayonne librement à l'air. La précision réalisée par nous dans la lecture de la deuxième échelle est de $\pm$ 25°.

Afin de posséder d'autres points de repère, nous avons déterminé les points de fusion apparents du molybdène et du tungstène, dans une atmosphère d'hydrogène et sous la pression atmosphérique, en utilisant le dispositif du four et y remplaçant le tube chauffant par une lame du métal choisi, placée de manière à pouvoir être facilement observée avec le pyromètre. Le molybdène titrait 99 pour 100 et le tungstène 99,3 pour 100, les impuretés étant constituées par du fer, du silicium, du carbone et du soufre.

Nous avons obtenu avec le molybdène : 2160°, 2170° et 2155°, soit 2165° $\pm$ 25°, et avec le tungstène : 2630°, 2625°, 2615°, soit 2625° $\pm$ 25°.

Un autre point de repère, celui de la température du cratère positif de l'arc, a été déterminé en opérant dans les conditions indiquées par Lummer (2) pour que la température soit indépendante de la densité du courant

---

(1) Holborn et Kurlbaum, *Annalen der Physik*, t. 10, 1903, p. 239.

(2) Lummer, *Verflüssigung der Kohle and Herstellung der Sonnentemperatur* (Braunschweig. Vieweg und Sohn, éditeurs, 1914).

et de la pression. Avec du courant continu et une électrode positive de 14^{mm} de diamètre dont le cratère était de 9^{mm}, la température apparente de l'arc a été 3275° avec 15 ampères, 3300° avec 25 ampères et 3300° avec 30 ampères. On peut admettre 3300° ± 25°.

La marche du four est caractérisée par les données suivantes pour un tube de carbone de $8^{mm},7$ de diamètre extérieur, $7^{mm},5$ de diamètre intérieur, 15^{cm} de longueur :

Ampères.	Volts.	Température.
55	»	700°
100 à 105	4,5	1000
175	8	1500
280	14	2000
320	16	2200
380	18	2400

Au delà de 2400° la volatilisation du carbone du tube chauffant peut déjà devenir gênante pour certaines expériences. Avec le molybdène on ne peut guère dépasser 1800°. Le tungstène plus difficile à travailler a l'avantage d'être plus réfractaire et moins volatil, mais son emploi reste encore limité.

En résumé le four que nous venons de décrire permet de chauffer électriquement dans le vide jusqu'à 2400° et de faire l'évaluation de la température à 25° près.

OPTIQUE. — *Émission de lumière par l'azote solide et origine du spectre auroral* (²). Note de M. L. VEGARD, présentée par M. H. Deslandres.

Des recherches sur le spectre des aurores polaires (³) me conduisirent à penser que les régions supérieures de l'atmosphère au-dessus de 90^{km}, par exemple, sont constituées principalement de particules d'azote électriquement chargées.

(¹) Une description plus complète paraîtra dans un autre Recueil.

(²) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 947 et 1438; Christiania, *Vid. selsk. skr.*, 8, 9, 10, 1923; *Phil. Mag.*, t. 46, p. 193 et 577; *Zeitschr. f. Phys.*, t. 16, p. 367.

Pour vérifier cette hypothèse j'ai entrepris des expériences dans le but d'observer les effets lumineux possibles de gaz solidifiés, exposés aux rayons électriques.

Dans la présente Note je communique les résultats obtenus dans le bombardement de l'*azote solide par des rayons cathodiques*.

Des rayons provenant d'une cathode de Wehnelt tombaient sur une couche d'azote solide, déposée sur une surface de cuivre refroidie par l'*hydrogène liquide*.

J'ai fait cinq spectrogrammes correspondant à diverses vitesses des rayons. La figure 1 représente les enregistrements de ces spectres au moyen d'un microphotomètre de Moll.

Avec une tension de 75 volts je n'ai observé que les têtes des bandes de N négatives. A 200 volts j'ai observé en outre une raie verte voisine du bleu (N_2) et une bande diffuse du côté du jaune (*fig.* 1 *a*). Quand le

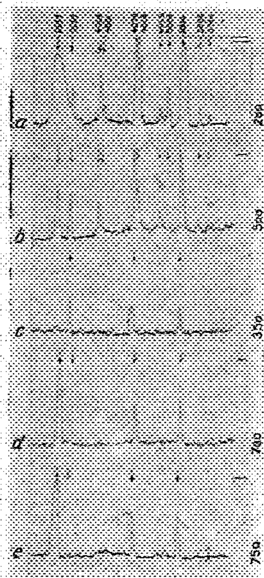


Fig. 1.

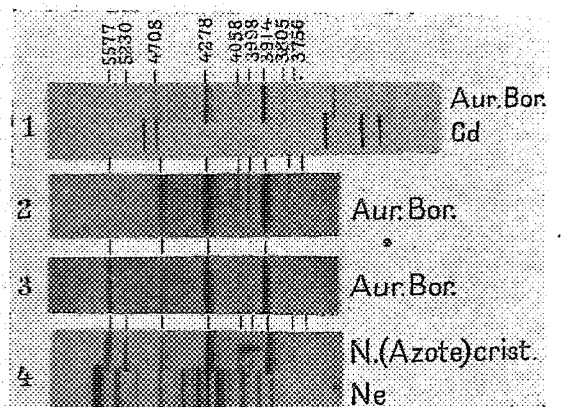


Fig. 2.

potentiel était poussé jusque vers 500 volts, la couche d'azote devenait vivement lumineuse, d'une couleur verte, et outre la raie N_2 il apparaissait une large raie ou étroite bande (N_1) de grande intensité (*fig.* 1 *b*). Par abaissement du potentiel à 350 volts, N_1 disparaissait (*fig.* 1 *c*) tandis que par élévation à 700 (*fig.* 1 *d*) et 750 volts (*fig.* 1 *e*) l'intensité lumineuse,

particulièrement celle de N_1, augmentait énormément *et* N_1 *dominait dans le spectre tout comme la raie verte aurorale* (5577) *domine dans le spectre de l'aurore polaire.*

Les spectres (*fig.* 1, *a*, *b*, *c*, *d*, et *e*) ont été exposés respectivement pendant 30, 15, 10, 5 et 5 minutes, sur des plaques orthochromatiques *Flavia*.

Lorsque le bombardement par les rayons cathodiques avait cessé, la couche d'azote solide restait lumineuse pendant plus de cinq minutes. *Une lueur résiduelle de même durée environ s'observe également dans le cas des aurores* ([1]).

Des mesures apprirent que la raie aurorale verte (5577) *est située dans la large raie* N_1. *La raie* N_2, *dont la longueur d'onde est d'environ* 5230, *coïncide avec une seconde raie verte bien apparente dans le spectre des aurores.*

La figure 2 donne des reproductions de trois spectres auroraux (n°s 1, 2,3) et d'un spectre d'azote solide (4). Le premier fut obtenu au moyen d'un spectrographe en quartz. Les n°s 1 et 2 furent faits sur des *imperial eclipse plates*, le n° 3 sur une plaque panchromatique et le n° 4 sur une plaque *Flavia*.

Nous remarquons que la partie bleue et violette du spectre de l'azote solide est pratiquement identique au spectre auroral le plus typique.

Ainsi donc le spectre auroral typique est émis par de l'azote cristallisé et mon hypothèse concernant la constitution de l'atmosphère supérieure et l'origine du spectre des aurores polaires a été confirmée.

La grande vitesse nécessaire pour produire les raies N_1 et N_2 et la forte variabilité de leurs intensités sont des faits très remarquables d'un point de vue physique et cette variabilité peut expliquer plusieurs des changements de couleur présentés par l'aurore. La lueur résiduelle indique que le nouvel effet lumineux est une espèce de phosphorescence.

Une étude plus détaillée de ce nouvel effet lumineux à diverses températures, jusqu'à celles de l'hélium liquide, nous permettra sans doute de déterminer de façon assez précise l'intervalle de température de la région aurorale et de concentrer N_1 en une raie nette. Des expériences avec des rayons de vitesses différentes et de corpuscules différents pourront nous faire connaître exactement les vitesses et la nature physique des rayons cosmiques produisant les aurores.

([1]) L. Vegard, *Berichte über eine Expédition nach Finmarken* 1912-1913 (Christiana, *Vid. Selsk.*, n° 13, p. 48).

Pour la question de savoir quelle est la constitution de l'atmosphère dans les hautes régions, et aussi à un point de vue purement physique, il serait intéressant de voir si d'autres gaz tels que H^2, O^2, Ar, Ne, NH^3 et NO, à l'état solide et bombardés par des rayons électriques, donnent un effet lumineux semblable à celui de l'azote.

Si tel est le cas, il nous est permis d'espérer reproduire les raies des nébuleuses et d'arriver ainsi à connaître la constitution des *nébuleuses stellaires*.

En ce moment je suis occupé à faire des expériences sur ces raies.

OPTIQUE. — *Les théories des ondes lumineuses et le principe de Carnot.* Note (¹) de M. **H. Chipart**, présentée par M. L. Lecornu.

Sarrau avait pensé que le système (1) des deux équations résumant sa théorie

$$(1) \qquad \frac{\partial^2 D}{\partial t^2} = \Delta E - \text{grad.div.} E, \qquad E = f_1\left(D, \frac{\partial D}{\partial x}, \frac{\partial D}{\partial y}, \frac{\partial D}{\partial z}\right)$$

pouvait donner l'explication des phénomènes d'absorption cristalline. Voici comment il s'exprime au sujet de l'hémiédrie du système ternaire (Λ^3, 3P) (²):

« Une *onde plane ordinaire* parallèle à l'axe est généralement évanescente et une *onde plane extraordinaire* peut se propager sans s'affaiblir.

» Une onde plane ordinaire peut cesser d'être évanescente... quand elle est parallèle à l'axe principal et perpendiculaire (³) à l'un des trois plans de symétrie de l'assemblage. Il serait intéressant de rechercher expérimentalement les phénomènes que présente une tourmaline dans ces conditions. »

Cet énoncé est le résultat d'une méprise : au lieu d'être évanescentes, comme Sarrau se l'imaginait, les ondes (1) présentent une dissymétrie de propagation incompatible avec le principe de Carnot.

Admettons en effet que le milieu soit susceptible de propager, suivant Ox par exemple, une onde évanescente correspondant à la racine imaginaire $n = n_0 + a\sqrt{-1}$ de l'équation aux indices. Cette onde serait représentée

(¹) Séance du 24 mars 1924.

(²) Sarrau, *Journal de Liouville*, t. 13, 1868, p. 109.

(³) C'est un lapsus. Il faut lire : parallèle au lieu de perpendiculaire.

par les formules (2)

$$(2)\qquad \begin{cases} E_x = M e^{-\frac{2\pi a x}{\tau}} \cos \frac{2\pi}{\tau}(n_0 x - t + m), \\ E_y = P e^{-\frac{2\pi a x}{\tau}} \cos \frac{2\pi}{\tau}(n_0 x - t + p), \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{cases}$$

Mais, puisque le système (1) reste inaltéré quand on change t en $-t$, le milieu cristallisé serait également susceptible de propager l'onde (2′) :

$$(2')\qquad E'_x = M e^{-\frac{2\pi a x}{\tau}} \cos \frac{2\pi}{\tau}(n_0 x + t + m), \quad \ldots.$$

Dans ce dernier cas on aurait affaire à une onde E′ circulant dans le sens $x < 0$, dont l'intensité augmenterait au fur et à mesure de la propagation dans le milieu cristallisé. A moins d'admettre la possibilité d'un changement d'état de ce cristal, hypothèse que Sarrau n'envisageait pas, on se trouverait en présence d'une amplification d'intensité obtenue sans dépense d'énergie motrice, ce qui est manifestement contraire au principe de Carnot.

Cette remarque, de caractère élémentaire, apprend que les deux fonctions vectorielles linéaires f_1 ou f_2, qui caractérisent les théories de Sarrau et de M. Boussinesq, ne peuvent conserver leur forme la plus générale. Le principe de Carnot exige que l'équation aux indices ait ses racines réelles. Exprimant cette condition on aboutit aux conclusions énoncées dans ma précédente Note.

Je me propose d'établir la réalité des racines de l'équation aux vitesses fournie par la théorie électromagnétique résumée dans les équations [1]

$$\frac{\partial E}{\partial t} + \frac{\partial P}{\partial t} = \operatorname{curl} H, \qquad -\frac{\partial H}{\partial t} = \operatorname{curl} E, \qquad P_x = \frac{1}{2}\frac{\partial \varphi}{\partial E_x} + (C\nabla)E_y - (B\nabla)E_z.$$

Rapportons le cristal aux axes principaux de l'ellipsoïde des vitesses (calculées dans l'hypothèse $A' = A'' = \ldots = C''' = 0$)

$$x^2 + y^2 + z^2 + \varphi(x, y, z) - 1 = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} - 1 = 0 \qquad (a < b < c < 1).$$

---

(1) H. Chipart, *Sur la théorie électromagnétique de la polarisation rotatoire naturelle* (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 77).

Posons d'autre part

$$u = \frac{2\pi}{\tau}(A'\alpha + A''\beta + A'''\gamma), \qquad v = \frac{2\pi}{\tau}(B'\alpha + B''\beta + B'''\gamma), \qquad \ldots;$$

nous obtenons les équations de propagation

$$\frac{V^2}{a^2}E_x + iV(wE_y - vE_z) = E_x - \alpha(\alpha E_x + \beta E_y + \gamma E_z), \qquad \ldots,$$

qui fournissent l'équation aux vitesses

$$o = \begin{vmatrix} A_{11} & A_{12} + iVw & A_{13} - iVv \\ A_{21} - iVw & A_{22} & A_{23} + iVu \\ A_{31} + iVv & A_{32} - iVu & A_{33} \end{vmatrix} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} A_{11} = \dfrac{V^2}{\alpha^2} - \beta^2 - \gamma^2, \\ A_{23} = A_{32} = \beta\gamma. \end{cases}$$

Désignant par H le déterminant précédent, dans lequel on a annulé u, v, w,

$$H = \frac{V^2}{a^2b^2c^2}\{V^4 - V^2\Sigma\alpha^2(b^2+c^2) + \Sigma\alpha^2b^2c^2\} = \frac{V^2(V^2 - V_1^2)(V^2 - V_2^2)}{a^2b^2c^2},$$

cette équation s'écrira

$$H - V^2\Phi(u, v, w, V^2) = o \qquad \text{avec } \Phi = \Sigma A_{11}u^2 + 2\Sigma A_{23}vw.$$

Après suppression du facteur V^2, nous obtenons l'équation bicarrée

$$o = F(V^2) = (V^2 - V_1^2)(V^2 - V_2^2) - a^2b^2c^2\Phi(u, v, w, V^2) = o$$

avec

$$a^2 \leqq V_1^2 \leqq b^2 \leqq V_2^2 \leqq c^2.$$

On a

$$F(o) = V_1^2V_2^2 + a^2b^2c^2\Sigma(\beta w - \gamma v)^2 > o.$$

Vérifions que $F(V^2)$ est négatif pour $V = V_2$. En effet, H représente le discriminant de la forme quadratique Φ; et l'on a, pour $V = V_1$ ou V_2,

$$\begin{vmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{vmatrix} = \frac{c^2}{a^2b^2}\{(V^2 - b^2)\alpha^2 + (V^2 - a^2)\beta^2\}.$$

De là résulte que, dans l'hypothèse $\alpha\beta\gamma \neq o$, on a, pour $V = V_2$,

$$A_{11} > o, \qquad A_{11}A_{22} - A_{12}^2 > o, \qquad H = o.$$

$\Phi(u, v, w, V_2^2)$ est donc une somme de deux carrés positifs. On s'assure que cette conclusion subsiste dans l'hypothèse $\alpha\beta\gamma = o$, réserve faite des directions des axes optiques, auquel cas Φ se réduit à $\left(\frac{c\alpha}{a}u + \frac{a\gamma}{c}w\right)^2$.

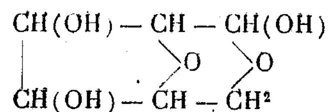
La réalité des racines de l'équation aux vitesses est donc établie.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La polymérisation de la molécule cellulosique.* Note de M. **Paul Bary**, présentée par M. A. Haller.

Le fait constaté que les matières colloïdales n'ont que des réactions incomplètes et souvent très faibles, si on les compare à celles que devraient donner les molécules simples des corps constituants, est généralement attribué à la polymérisation; une partie des affinités libres des molécules est alors employée à les souder entre elles et l'affinité moléculaire de l'ensemble est d'autant plus réduite que la polymérisation est plus grande.

Cette règle a des exceptions; elle admet que la réaction de polymérisation se fait par les liaisons mêmes qu'utilise la réaction considérée, alors que cette dernière peut, au contraire, en intéresser d'autres.

La cellulose possède la propriété de donner des éthers-sels avec les acides, sans que sa polymérisation initiale soit obligatoirement modifiée. On doit en conclure que la polymérisation, molécule à molécule, de la cellulose s'opère de telle manière que les trois groupes oxhydryles que contient la molécule simple n'y ont aucun rôle. La formule de constitution de la cellulose doit donc être telle, pour l'explication des faits observés, que cette condition initiale soit remplie; elle l'est, en effet, en admettant comme je l'ai proposé déjà ([1]), que la polymérisation s'effectue par les liaisons des atomes d'oxygène que fait paraître la formule généralement acceptée de Green :



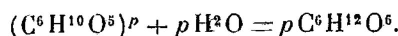
Toutefois, il y a deux de ces atomes d'oxygène et, contrairement à ce que j'avais admis, on peut se rendre compte qu'un seul d'entre eux est employé à la soudure des molécules.

On sait que, sous l'influence des acides concentrés, la cellulose fixe les radicaux acides avec séparation d'eau; cette réaction ne peut avoir lieu si les acides sont employés suffisamment dilués; il y a alors hydrolyse par dédoublement de la molécule polymérisée de la cellulose et, formation de groupe OH aux points d'attache des liaisons libérées. Le terme extrême de l'hydrolyse étant le glucose $C^6H^{12}O^6$, qui donne des solutions moléculaires,

---

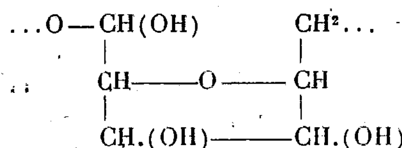
([1]) *Les Colloïdes*, 1921, p. 185.

il ne peut y avoir au maximum que deux hydroxyles nouveaux formés pour chaque molécule simple de cellulose, suivant la relation

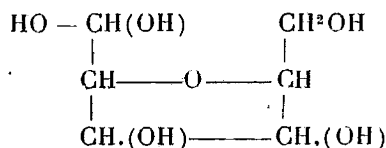


$$(C^6H^{10}O^5)^p + pH^2O = pC^6H^{12}O^6.$$

On est donc conduit ainsi à préciser que la polymérisation n'intéressait que l'un des deux atomes d'oxygène de la cellulose. Dans la molécule polymérisée, la molécule élémentaire sera donc représentée par



et la molécule simple, produit de l'hydrolyse complète, par



Les hydrocelluloses, qui sont les produits intermédiaires de l'hydrolyse, ont donc pour composition



$$(a) \qquad (C^6H^{10}O^5)^m.H^2O.$$

La formation des alcalicelluloses, par traitement de la cellulose par les alcalins, est analogue à l'hydrolyse, elle se fait par dépolymérisation et fixation des ions Na et OH, de la soude, par exemple, aux lieux et places des ions H et OH de l'hydrolyse. Cette combinaison est essentiellement dissociable et le lavage à l'eau de l'alcalicellulose suffit pour la transformer en hydrocellulose.

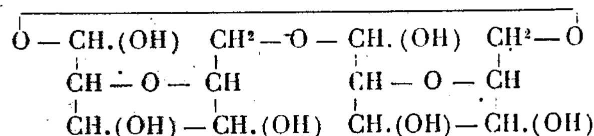
Il reste enfin à rendre compte par cette formule de la constitution des oxycelluloses qui ont pour composition



$$(b) \qquad (C^6H^{10}O^5)^n C^6H^{10}O^6,$$

où, suivant le mode de préparation, n peut être égal à 1, 3, ou 4 et probablement aussi à d'autres valeurs qui n'ont pas encore été déterminées. Si l'on admet, comme on est conduit à le faire pour les colloïdes minéraux, que la molécule $(C^6H^{10}O^5)^m$ qui représente la cellulose pure n'existe pas, mais qu'on ne connaît que des hydrocelluloses (a) dans lesquelles m peut être très grand et dont la molécule forme une longue chaîne de cellulose

terminée à chaque extrémité par un groupe OH, on voit qu'il suffit qu'un agent oxydant enlève les hydrogènes terminaux pour obtenir dans le cas le plus simple où $m = 2$, l'oxycellulose qui a été décrite par Faber et Tollens comme répondant à la composition $C^6H^{10}O^5 . C^6H^{10}O^6$.



On voit, en résumé, qu'on peut ainsi expliquer les deux modes principaux de réaction de la cellulose; soit que la réaction n'entraîne pas la dépolymérisation, auquel cas cette réaction peut être complète et les corps obtenus seront colloïdaux comme la cellulose elle-même; soit que la réaction se produise par dédoublements successifs de la molécule complexe, les composés résultants étant de colloïdité de plus en plus faibles. Il en résulte aussi que le seul fait d'obtenir certaines réactions complètes n'entraîne pas la conclusion que, parmi bien d'autres plus importantes, M. Loeb a cru devoir tirer de ses expériences sur les protéines, que leurs solutions ne sont pas colloïdales.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Appareil pour le traitement des résidus urbains.* Note [1] de M. A. **Bigot**, présentée par M. Haller.

Les résidus sont toujours humides et contiennent des déchets de légumes et de fruits chargés d'eau; au séchage ils perdent en moyenne 25 pour 100 de leur poids. Incinérés dans des foyers de chaudières, ils produisent par kilogramme de matière humide, 1^{kg} de vapeur d'eau à la pression de 15^{kg}, ce qui correspond à une production utile de 700^{cal}, insuffisante, comme nous l'avons dit précédemment, pour assurer une bonne combustion; en outre, la chaleur de la combustion doit évaporer 250^{g} d'eau par kilogramme de résidus et porter cette vapeur d'eau à la température des gaz brûlés, ce qui absorbe 200^{cal}. Si les résidus étaient secs, ils dégageraient en brûlant 900^{cal} par 750^{g}, soit 1200^{cal} par kilogramme, la combustion serait plus vive et le carbone, resté dans les mâchefers, serait brûlé en grande partie, on récupérerait environ 300^{cal}.

(1) Séance du 17 mars 1924.

En résumé, les résidus, débarrassés par tamisage des cendres fines, sont capables de produire 1500^{cal} par kilogramme.

Pour sécher et stériliser les résidus nous proposons l'emploi d'un appareil qui nous sert pour le séchage des argiles, des silices d'infusoires, la déshydratation du gypse, etc.

Cet appareil consiste en une longue étuve en forme de tunnel dans laquelle circule lentement un tablier métallique transportant les résidus à sécher. Les parois extérieures de l'étuve sont construites en matériaux mauvais conducteurs de la chaleur, les parois intérieures sont formées d'une mince enveloppe en ciment armé, conductrice de la chaleur. Entre ces deux parois on fait passer des gaz chauds, la température à l'intérieur du tunnel peut être portée jusqu'à 200° et au-dessus, si c'est nécessaire. Les résidus bruts sont déposés et étalés mécaniquement sur le tablier mobile; ils sont séchés et stérilisés dans le tunnel, puis ils tombent sur un transporteur horizontal sur lequel on fait le triage à la main dans des conditions hygiéniques; ils sont conduits ensuite dans un crible à mailles de 3^{mm} à 5^{mm} qui enlève à peu près 15 pour 100 de cendres et sont déversés sur des grilles spéciales où ils brûlent vivement. Les mâchefers formés dans ces grilles, sont recueillis encore chauds dans un appareil qui les entasse au dehors où ils achèvent de se consumer et de s'oxyder à l'air. Ensuite on les broie et on les traite au séparateur magnétique.

Ces matières ainsi préparées se prêtent à la fabrication des agglomérés à froid avec de la chaux et du ciment et des agglomérés avec de la chaux durcis à l'autoclave dans les vapeurs d'eau sans pression.

Nous avons également obtenu avec ces mêmes matières des produits céramiques en les mélangeant avec une petite quantité d'argile très plastique et en cuisant vers 900° le mélange comprimé et moulé.

Ces agglomérés et ces produits céramiques sont inaltérables à l'air, leur couleur est gris clair, ils sont durs et résistants; leur densité apparente est assez faible et par suite ils sont mauvais conducteurs de la chaleur et du froid.

Nous avons préparé des verres en fondant soit des cendres brutes tamisées, soit des mâchefers purifiés, soit des mâchefers contenant encore du charbon, du soufre etc. Si le charbon, contenu dans ces mâchefers, s'y trouve dans une proportion voisine de 15 pour 100, il suffit pour assurer la fusion, sans addition de combustible. Pendant la fusion, il y a réduction partielle de l'oxyde de fer contenu dans les résidus, il se forme de la fonte, des sulfures, phosphures, siliciures de fer, qui fondent et coulent ensemble au fond du bassin de fusion. Le verre qui surnage contient encore des oxydes de fer; après la coulée il est vitreux et sa teinte est plus ou moins foncée. La composition de ce verre varie avec celle des résidus.

En ajoutant aux matières premières, avant leur fusion, des fondants appropriés : silice, composés alcalins, alcalino-terreux, oxydes divers, etc. nous avons préparé trois séries de verres :

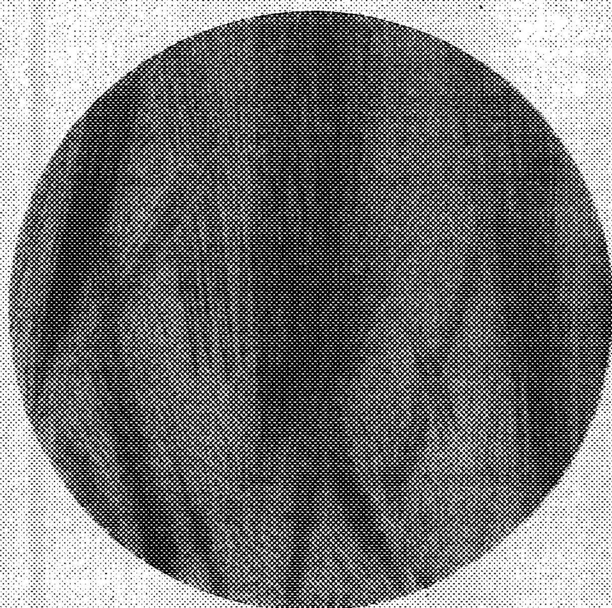


Fig. 1.

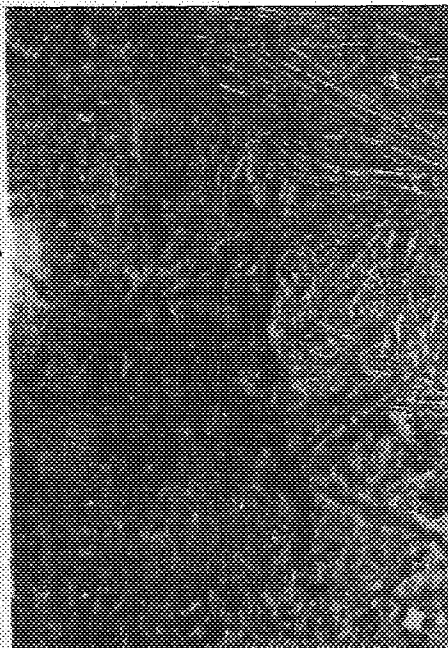


Fig. 2.

1° Des verres acides, dans lesquels il y a plus d'une molécule d'acide (la silice) pour une molécule de base. Ces verres ont une composition analogue à celle des verres à bouteille et, comme eux, ils se transforment par recuit prolongé en cristaux de réaumurite ou de wollastonite [1] (voir *fig.* 1). Ces verres conviennent à la fabrication des récipients divers, isolateurs électriques, etc. ;

2° Des verres basiques, renfermant plus d'une molécule de base pour une molécule d'acide; ces verres, comme les précédents, sont vitreux après la coulée et, par recuit au rouge, ils se transforment en cristaux de la famille des pyroxènes ou des péridots (voir *fig.* 2). Ces verres basiques cristallisés sont très résistants à l'usure, au choc, à l'écrasement, à la rupture et constituent d'excellents matériaux de pavages, de dallages et de construction;

[1] A. Lacroix, *La Montagne Pelée*, 1908, p. 134.

3° Des verres renfermant de 40 à 45 pour 100 de chaux, par addition convenable de calcaires avant la fusion; ce sont de véritables laitiers, on les coule dans l'eau pour les granuler, on les sèche, on les broie et la poudre ainsi préparée forme du ciment de laitier.

En résumé, les usines de traitement de la ville de Paris ne fabriquent actuellement qu'un seul produit industriel, des briques silico-calcaires de qualité inférieure, dont les applications sont restreintes.

Nous voyons par ce rapide exposé qu'on peut fabriquer avec les résidus urbains, convenablement traités, des produits céramiques de bâtiment, des agglomérés de chaux, des agglomérés de ciment, de toute forme; tous ces matériaux sont de bonne qualité.

On peut fabriquer également des récipients en verre, des isolateurs électriques, des pavés, des bordures de trottoir, des dallages, des pièces d'architecture, etc., du ciment de laitier.

Tous ces matériaux sont utilisables sur place.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la loi de solubilité des sels.* Note(1) de M. P. Mondain-Monval, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Dans l'expression connue de la loi de solubilité des sels :

$$(1) \qquad 500\,L\,\frac{dT}{T^2} + i\,\frac{dC}{C} = 0,$$

le coefficient i est défini par la relation

$$\frac{dF}{F} = i\,\frac{dC}{C}.$$

Par conséquent sur la courbe des logarithmes des tensions de vapeur en fonction des logarithmes des concentrations, la valeur de i est donnée en chaque point par le coefficient angulaire de la tangente à la courbe.

J'ai étudié les variations de ce coefficient i en fonction de la température.

L'équation (1) est intégrable; T et C en sont les deux variables indépendantes. La condition d'intégrabilité peut s'écrire après une transformation

(1) Séance du 24 mars 1924.

facile

$$\frac{d \operatorname{Log} L}{dC} = -\frac{d \operatorname{Log} i}{dT}. \tag{2}$$

Pour vérifier expérimentalement cette formule, j'ai fait des déterminations des tensions de vapeur de solutions de nitrate d'ammonium et j'ai rapproché ces mesures de celles que j'avais faites antérieurement sur la solubilité et la chaleur de dissolution de ce sel. J'ai comparé les valeurs de i obtenues directement par la mesure des tensions de vapeur avec celles que l'on calcule au moyen de la relation (2).

1° J'ai mesuré à quatre températures fixes 32°,6, 40°,0, 44°,6 et 47°,8 les tensions de trois solutions renfermant 150g, 185g et 240g de AzO^3Am dans 100g d'eau. La mesure des tensions s'effectuait par la méthode statique. Les solutions étaient placées dans deux chambres barométriques constituées par les deux branches d'un tube en U relié par une tubulure inférieure à un réservoir à mercure mobile dans le sens vertical. Les deux chambres étaient fermées à leur partie supérieure par deux robinets permettant l'introduction des solutions et l'expulsion de la petite quantité d'air que celles-ci abandonnent toujours dans le vide barométrique. Le tube en U était immergé dans l'eau d'un thermostat en verre dont la température était maintenue constante par un chauffage électrique commandé par relais. L'agitation de l'eau se faisait par l'air comprimé. La différence de niveau du mercure dans les deux tubes, corrigée de la colonne de solution surnageante, donnait la différence de tension à la température d'expérience. Les lectures étaient effectuées au cathétomètre et les différences de niveau estimées au dixième de millimètre. J'opérai, pour chaque point, sur trois solutions identiques se contrôlant mutuellement.

Je donne dans le tableau suivant les valeurs moyennes des tensions observées avec ces solutions exprimées en millimètres de mercure et le i correspondant aux deux dernières solutions les plus voisines de la saturation,

	Poids de sel dans 100g d'eau.			
t°.	150g.	185g.	240g.	i.
o	mm	mm	mm	
32,6	"	22,83	20,81	1,11
40,0	36,90	34,36	31,26	1,13
44,6	47,29	43,84	39,77	1,16
47,8	"	51,64	46,70	1,20

On voit que i varie de 1,11 à 1,20, de 32°,6 à 47°,8, soit pour 15°,2 d'écart. D'où

$$\frac{\Delta i}{\Delta T} = 0,0059.$$

2° Calculons maintenant la variation Δi correspondant à $\Delta T = 15°,2$ au moyen de la

formule (2). Nous y remplaçons les différentielles par des différences finies :

$$\frac{\frac{\Delta L}{\Delta C}(C_1 - C_2)}{L} = -\frac{\frac{\Delta i}{\Delta T}(T_1 - T_2)}{i},$$

$\frac{\Delta L}{\Delta C}$ est la pente de la tangente à la courbe $L = f(C)$. Nous avons mesuré (¹) les chaleurs de dissolution correspondant à diverses concentrations à 36°. Au voisinage de la saturation nous avons

$$L_\alpha = -2,86, \qquad C_\alpha = 0,2290,$$
$$L_\beta = -2,54, \qquad C_\beta = 0,3450,$$

d'où

$$\frac{\Delta L}{\Delta C} = 2,76.$$

$C_1 - C_2$ est la différence de concentrations de deux solutions saturées aux températures T_1 et T_2. Nous avons déterminé (²) la solubilité du nitrate d'ammoniaque en fonction de la température.

Prenons

$$T_2 = 31°,8, \qquad C_2 = 0,3500,$$
$$T_1 = 40°,0, \qquad C_1 = 0,3850.$$

Nous prendrons pour $L - 2,54$ et pour i moyen 1,15.

Au moyen de ces données nous pouvons calculer $\frac{\Delta i}{\Delta T}$,

$$\frac{\Delta i}{\Delta T} = 0,00535.$$

Par suite, à un écart de 15°,2 correspond une variation de i de 1,11 à 1,19. La mesure de i par les tensions avait donné une variation de 1,11 à 1,20.

Eu égard à la délicatesse des mesures de tensions de vapeur de solutions salines et des petites quantités à mesurer, la vérification reste satisfaisante. Le i des solutions à saturation croît avec la température alors que l'effet thermique produit par la dissolution du sel diminue lorsqu'on se rapproche de la saturation.

(¹) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 175.

(²) *Loc. cit.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la décomposition explosive de la nitroglycérine.* Note de M. **Audibert**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

La décomposition explosive de la nitroglycérine n'est pas un phénomène instantané, mais comporte au contraire une transformation progressive. La preuve en est fournie par le fait qu'en refroidissant brusquement le gaz auquel elle donne naissance, on observe que la composition de celui-ci varie de manière continue avec la vitesse du refroidissement.

Le dispositif expérimental suivant m'a permis de mettre ce fait en évidence :

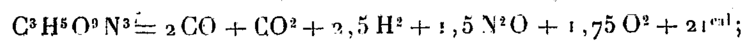
Une cartouche de dynamite 1 (75 pour 100 de nitroglycérine et 25 pour 100 de guhr), à la densité 1,4, amorcée par un détonateur électrique à l'azoture de plomb pur, est placée dans un bloc de Traul, sous un bourrage en argile fortement tassé. On dispose sur le bloc un plateau circulaire en acier chromé, dont la face inférieure porte un appendice tronconique qui s'engage à force dans le canal axial en faisant pression sur le bourrage; pour assurer l'étanchéité de la fermeture que réalise ce couvercle, on serre l'ensemble du bloc du plateau dans un système de poutres métalliques que réunissent de fortes tiges boulonnées. Le gaz produit par la détonation refoule le plomb en ouvrant à l'intérieur du bloc une poche grossièrement ellipsoïdale et chasse l'argile dans les interstices qui ont pu demeurer libres entre le bloc et le plateau; si le bourrage a été fait correctement et si le serrage des poutres qui appuient le plateau sur le bloc est suffisant, le tir ne donne lieu à aucune fuite. On peut alors ouvrir le bloc et en extraire le gaz.

Celui-ci a été refroidi par la détente qu'il subit en dilatant le canal du bloc. On peut faire varier la vitesse de ce refroidissement, soit en tirant des charges d'explosif variables, amorcées par le même détonateur, soit en amorçant la même charge par des détonateurs de poids variables. J'ai trouvé, en employant successivement les deux formules, la même loi de variation de la composition du gaz en fonction de la vitesse de refroidissement. Les conclusions qui s'en dégagent sont les suivantes :

1° On peut distinguer, dans la transformation que la nitroglycérine éprouve en détonant, deux phrases successives :

a. Une première réaction, que j'appellerai dans ce qui suit « réaction explosive », transforme la nitroglycérine en un mélange gazeux G_1, confor-

mément à une équation très voisine de



$$C^3H^5O^9N^3 = 2CO + CO^2 + 2,5\,H^2 + 1,5\,N^2O + 1,75\,O^2 + 21^{cal};$$

elle donnerait lieu, si elle avait lieu à volume constant et sans conversion de chaleur en énergie mécanique, à une élévation de température d'environ 475° et à une pression de l'ordre de 2500 atmosphères, en faisant le calcul avec les lois de Mariotte et de Gay-Lussac.

b. Des réactions, que j'appellerai « réactions résiduelles », s'amorcent ensuite entre les constituants du mélange G_1 et tendent à réaliser l'oxydation de ses éléments réducteurs, oxyde de carbone et hydrogène, aux dépens de ses éléments comburants, protoxyde d'azote et oxygène; elles ont pour terme final le système G_2



$$3CO^2 + 2,5\,H^2O + 1,5\,N^2 + 0,25\,O^2,$$

dont la formation, annoncée par Berthelot, donne lieu à un nouveau dégagement de 319^{cal}.

2° Les réactions résiduelles ne sont pas instantanées, mais progressives; comme d'ailleurs le système G_1 ne se trouve certainement pas en équilibre chimique au moment où il prend naissance, leur ensemble ne constitue à coup sûr pas, de bout en bout, une transformation réversible. Il en résulte que la propagation de l'onde explosive dans une cartouche de dynamite est sous la dépendance des conditions aux limites.

3° La vitesse de refroidissement réalisée par le procédé expérimental décrit ci-dessus n'ayant jamais été assez grande pour qu'on retrouve à l'état liquide une fraction de la nitroglycérine mise en œuvre, la question semble demeurer entière de savoir si la réaction explosive est elle-même instantanée ou progressive; la première hypothèse est toutefois incompatible avec le fait que la transformation du liquide ou gaz s'accompagne d'une contraction. Il en résulte que, d'un bout à l'autre, la décomposition explosive est continue.

D'autre part, l'étude du gaz obtenu en faisant détoner dans une enceinte métallique, étanche et de grand volume, à l'intérieur de laquelle on avait au préalable fait le vide, des cartouches de dynamite 1 de diamètres variables, m'a permis de constater que sa composition varie encore de la même manière avec la vitesse de son refroidissement (la vitesse de la détente dépend du diamètre), mais que le régime permanent qui caractérise l'onde explosive cesse de pouvoir se maintenir dans la cartouche pour un diamètre de cette dernière supérieur à celui qui assurerait un refroidissement assez

brusque pour immobiliser le gaz dans l'état G_1. Ces résultats permettent de compléter comme suit les conclusions énoncées ci-dessus.

4° La réaction explosive est indépendante des conditions dans lesquelles l'explosif est employé et demeure la même, que le tir ait lieu en trou de mine, avec ou sans bourrage, ou à l'air libre. Les réactions résiduelles se développent, elles aussi, toujours suivant le même processus, mais elles peuvent s'arrêter avant d'avoir atteint leur terme final, le degré d'avancement auquel elles aboutissent dépendant essentiellement des conditions dans lesquelles se détendent les gaz qui y participent.

5° En tout état de cause, le régime permanent ne peut se maintenir dans une cartouche de dynamite que si les produits gazeux de la réaction explosive se détendent dans des conditions qui laissent aux réactions résiduelles la faculté de s'amorcer.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de l'agitation sur la formation des précipités.* Note de MM. **Volmar** et **Stahl**, transmise par M. Daniel Berthelot.

Au cours de ses recherches sur les entraînements par les précipités, M. Dutoit [1] a montré qu'ils sont dus, le plus souvent, à l'adsorption par les grains de sel insoluble qui se dépose d'une quantité plus ou moins notable de la solution au sein de laquelle ils se forment. La concentration de la gaîne liquide ainsi retenue étant supérieure à celle des eaux mères, le produit de solubilité peut y être atteint et les sels dissous se déposent en même temps que le précipité. Le phénomène est d'autant plus intense que la différence de solubilité entre les sels et le précipité est plus grande. Étudiant particulièrement l'entraînement du calcium par le sulfate et le chromate de baryum, M. Dutoit a préconisé, pour supprimer les phénomènes d'adsorption, et empêcher le produit de solubilité d'être atteint, d'effectuer la précipitation en opérant une agitation énergique.

Les entraînements par les précipités constituant l'un des principaux écueils des séparations gravimétriques, nous nous sommes proposé d'examiner l'influence de l'agitation sur quelques dosages, qui, par les méthodes habituelles, donnent toujours des résultats trop élevés. Nous avons comparé les chiffres obtenus, à partir de solutions identiques : 1° en agitant

(1) *Journal de Chimie physique*. t. 19, 1921, p. 329.

simplement avec une baguette de verre; 2° en agitant énergiquement au moyen d'un dispositif mécanique tournant à une vitesse d'environ 250 tours à la minute.

La solution à titrer a été placée dans des vases en verre de Bohême de 10^cm de hauteur et 6^cm de diamètre, remplis au maximum au tiers de leur hauteur et chauffés électriquement; dans le liquide plongeait un agitateur en verre à deux ailettes de 4^cm de diamètre, entraîné par un moteur électrique dont la vitesse était réglée de telle façon que le cône de liquide qui se forme reste au moins à 1^cm des bords du récipient. Le réactif a été introduit goutte à goutte au voisinage des palettes, dans la région où l'agitation était la plus intense. L'opération a été ensuite terminée par la méthode habituelle.

I. *Dosage de l'acide sulfurique à l'état de sulfate de baryum, en présence d'ions* NO^{3-}. — Une partie du baryum passe, au cours du dosage, à l'état de nitrate, peu soluble, qui est fortement entraîné par le sulfate formé; et le précipité obtenu a toujours un poids trop élevé. Il en est de même, lorsque l'on veut doser l'ion SO^{3--} en présence d'ions ClO^{3-}, ClO^{4-} ou de sels ammoniacaux. Nous avons utilisé la méthode habituelle de précipitation à chaud par le chlorure de baryum et opéré sur une solution décinormale d'acide sulfurique en présence des doses croissantes d'acide nitrique décinormal. Nous sommes arrivés aux résultats suivants :

SO^4H^2 $\frac{N}{10}$.	NO^3H $\frac{N}{10}$.	SO^4Ba théorique.	SO^4Ba trouvé : Agitation ordinaire.	Agitation mécanique : 250 tours à la minute.
cm³ 10	cm³ 0	g 0,116	g 0,1161	g 0,1157
10	10		0,1180	0,1159
10	20		0,1192	0,1159

II. *Dosage du strontium à l'état d'oxalate en présence d'ions* Mg^{++}. — La séparation du strontium et du magnésium qui se présente dans l'analyse de presque tous les minéraux et toutes les eaux minérales renfermant du strontium, est basée sur la différence de solubilité des oxalates de strontium et de magnésium dans les sels ammoniacaux. Richards a montré que l'oxalate de magnésium est toujours peu soluble, même en présence d'un grand excès d'ions $(NH^4)^+$ et qu'une proportion appréciable de magnésium est toujours entraînée par le précipité de strontium.

Nous avons opéré sur 10^cm³ de solution à 2 pour 100 de chlorure de strontium cristallisé et additionnés de doses croissantes de solution à 2 pour 100 de magnésium; la précipitation a été effectuée à l'ébullition par l'oxalate d'ammonium en excès, en présence de 50^cm³ de solution à 20 pour 100 de chlorure d'ammonium. Après 12 heures de repos, le précipité d'oxalate a été filtré, lavé et transformé en sulfate de strontium par calcination en présence de sulfate d'ammonium.

Nous sommes arrivés aux résultats suivants :

$SrCl^2$ crist. 2 pour 100.	$MgCl^2$ crist. 2 pour 100.	SO^4Sr trouvé : Agitation ordinaire.	Agitation mécanique : 250 tours à la minute.
cm³	cm³	g	g
10	0	0,1358	0,1359
10	10	0,1364	0,1358
10	30	0,1373	0,1359
10	60	0,1385	0,1360

Les résultats précédents, d'accord avec ceux de M. Dutoit, montrent que par une agitation suffisamment énergique des liquides à analyser, on peut supprimer les entraînements, obtenir des précipités purs et simplifier considérablement certaines séparations quantitatives que les méthodes actuelles ne permettent guère d'effectuer avec certitude.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude ébullioscopique de la formation des sels doubles entre le cyanure mercurique et les halogénures alcalins et alcalino-terreux.* Note de MM. **F. Bourion** et **E. Rouyer**, présentée par M. G. Urbain.

Dans des Communications précédentes (¹), nous avons appliqué la méthode ébullioscopique à l'étude de la formation des sels doubles en dissolution, entre des sels ayant un ion commun.

Dans le présent travail, les sels simples de chaque couple possèdent des ions distincts.

C'est que, en cherchant à étudier des couples du type $(CN)^2Hg - CNK$, nous nous sommes heurtés à des difficultés d'application, résultant de la décomposition rapide à l'ébullition de la solution du cyanure alcalin et de l'absence de palier constant, l'élévation ébullioscopique variant de 1°,439 à 1°,224 pour une solution 1,75 M.

Nous avons toutefois obtenu un très bon palier pour un mélange équimoléculaire de cyanure mercurique et de cyanure de potassium, indice manifeste de la formation d'un complexe très stable.

Le cyanure mercurique a donné lui-même d'excellents paliers jusqu'à la concentration 1,75 M voisine de la saturation :

Concentration....	0,350	0,525	0,580	0,700	0,875	0,980	1,225	1,400	1,575	1,75
Δ_e............	0,188	0,280	0,312	0,374	0,477	0,581	0,685	0,784	0,891	0,998
Élév. moléc. K...	0,514	0,516	0,516	0,511	0,515	0,517	0,516	0,511	0,509	0,508

(¹) F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1406; t. 176, 1923 p. 1708; t. 179, 1924, p. 86.

La valeur moyenne 0,513 de l'élévation moléculaire (rapportée à 1000g d'eau), étant voisine de la valeur normale 0,520, prouve que le corps n'est ni dissocié, ni associé de façon appréciable.

L'hydrolyse d'un sel d'acide faible et de base faible, qui est d'ordinaire très marquée, comme c'est le cas pour l'acétate d'aniline, est ici négligeable, car on peut calculer pour le degré d'hydrolyse x d'un sel du type du cyanure mercurique :

$$\frac{x^2}{1-x} = \frac{K_s K_e^2}{4c^2 K_a^2 K_b} \times \frac{1-\gamma_s}{(1+\gamma_a)^2(1-\gamma_b)} \quad \text{ou} \quad \frac{x^2}{1-x} = \frac{K_s K_e^2}{4c K_a^2 K'_b} \times \frac{1-\gamma_s}{(1-\gamma_a)^2}$$

selon que le produit de solubilité K'_b de l'hydrate métallique n'est pas atteint (1re formule), ou est atteint (2e formule), les paramètres γ et K désignant respectivement les degrés de dissociation ionique et les constantes d'équilibre, et c la concentration globale du sel. Ici K_s est particulièrement petit de l'ordre de 10^{-15}, et il en résulte une valeur très faible pour x.

Nous nous sommes alors adressés aux couples formés par le cyanure mercurique avec les chlorures de potassium, d'ammonium et de sodium, les bromure et iodure de potassium, puis les chlorures de magnésium et de baryum. Dans tous les cas nous avons observé des écarts notables, avec des paliers très nets; ces écarts ne sauraient correspondre, même partiellement, à une double décomposition entre les deux sels simples, car on n'aurait pas obtenu de point d'ébullition fixe, par suite de l'hydrolyse du cyanure alcalin qui aurait pris naissance.

A la concentration totale 1,75 M, on a observé pour les élévations des sols simples : $(CN)^2Hg$ 0°,998; ClK 1°,726; ClAm 1°,735; ClNa 1°,820; BrK 1°,823; IK 1°,968; Cl^2Mg 3°,667; Cl^2Ba 2°,831, et pour les mélanges :

Vol. pour 100 halog. alc....		20.	30.	36,6.	40.	50.	55.	60.	70.	80.
Écarts	ClK...	0,185	0,239	—	0,272	0,282	—	0,274	0,231	0,179
»	ClAm.	0,198	0,254	—	0,288	0,303	—	0,297	0,271	0,215
»	ClNa..	0,178	0,224	—	0,255	0,265	—	0,259	0,221	0,179
»	BrK...	0,278	0,373	—	0,422	0,446	—	0,420	0,371	0,281
»	IK....	0,380	0,515	—	0,608	0,675	0,680	0,651	0,576	0,423
»	Cl_2Mg.	0,449	0,567	—	0,625	0,647	0,652	0,611	0,520	0,388
»	Cl_2Ba.	0,339	0,425	0,465	0,464	0,437	—	0,397	0,332	0,236

et pour le couple $(CN)^2Hg$ — ClK, à la concentration totale 3M; 1°,985 (calculé) pour $(CN)^2Hg$; 3°,288 pour ClK, et les écarts :

Vol. ClK pour 100....	40.	45.	50.	55.	60.	70.	80.	90.
Écarts........... ..	0,703	0,718	0,720	0,706	0,667	0,553	0,409	0,213

pour le couple $(CN)^2Hg - Cl^2Mg$ à la concentration totale 1 M; 0°,541 pour $(CN)^2Hg$; 1°,630 pour Cl^2Mg, et les écarts :

Vol. Cl^2Mg pour 100....	10.	20.	30.	40.	50.	60.	70.	80.	90.
Écarts.......	0,066	0,131	0,177	0,204	0,216	0,198	0,151	0,106	0,054

puis pour le couple $(CN)^2Hg - Cl_2Ba$ à la concentration totale 2,5 M; 1°,510 (calculé) pour $(CN)^2Hg$; 4°,510 pour Cl^2Ba, et les écarts :

Vol. % Cl^2Ba..	15.	20.	30.	36,6	40.	50.	60.	70.	80.	90.
Écarts.	0,542	0,617	0,756	0,789	0,780	0,733	0,621	0,510	0,364	0,194

De l'examen de ces données, il résulte :

1° Que le cyanure mercurique donne avec les chlorures de potassium, ammonium et sodium, bromure et iodure de potassium, chlorure de magnésium, un maximum dans la région 50-50, correspondant à des combinaisons équimoléculaires; toutes ces combinaisons ont été isolées, sauf dans le cas du magnésium;

2° Le maximum est un peu plus élevé pour ClAm que pour ClK et pour ClK que pour ClNa; beaucoup plus grand pour BrK que pour ClK, et pour IK que pour BrK, résultats en rapport avec les aptitudes respectives qu'ont les halogènes à donner des complexes;

3° Le maximum pour IK est un peu déplacé vers le sel alcalin pur, probablement à cause de la présence d'une faible proportion de complexe plus riche en iodure alcalin;

4° Seul le chlorure de baryum donne un maximum dans la région de 64 de $(CN)^2Hg$, caractérisant le sel double $2[(CN)^2Hg], Cl^2Ba$ (qui a été isolé), mélangé vraisemblablement d'un peu de sel double en proportions équimoléculaires. C'est la première fois qu'un sel double de ce type a été reconnu par la méthode cryoscopique ou ébullioscopique. Nous en indiquerons bientôt un exemple encore plus net.

Signalons enfin que MM. Shibata, Ynouye et Nakatsuka [1], en appli-

---

(1) Y. SHIBATA, T. YNOUYE et Y. NAKATSUKA, *Japanese Journal of Chemistry*, t. 1, 1922, p. 1.

quant à de tels mélanges leur méthode d'étude des sels complexes, basée sur l'observation du spectre d'absorption ultraviolet, ont dû faire des réserves sur les conclusions à tirer de leurs mesures.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Eutectiques du camphène avec d'autres terpènes.* Note de M. G. **Austerweil**, présentée par M. A. Béhal.

La séparation du camphène d'avec d'autres terpènes présente de sérieuses difficultés ([1]). Quoiqu'il se trouve dans la fraction terpénique de beaucoup d'huiles essentielles il n'en a pu être que rarement isolé, et ce, seulement lorsque la teneur de la fraction en camphène était très élevée.

Ainsi Golubeff ([2]) et Schindelmeiser ([3]) ont réussi à l'isoler par congélation de l'huile essentielle des aiguilles de pin de Sibérie; les chimistes de la Maison Schimmel ont réussi à le séparer des premières fractions de l'essence de citronelle de Ceylan, mais seulement après précipitation sous forme de son composé mercuro-acétique ([4]).

Certains travaux industriels récents tendant soit à l'utilisation de la fraction terpénique de l'essence des aiguilles de pin canadien (*Abies canadensis*), soit à la transformation directe du pinène en camphène à l'aide de produits amphotères, conduisent à la nécessité d'étudier de près les causes qui rendent difficile la séparation d'un mélange de terpènes et de camphène, qui, seul cristallin, devrait pourtant se séparer facilement. *C'est la formation entre le camphène et d'autres terpènes, d'eutectiques à point de fusion excessivement bas, et à teneur de camphène relativement élevée qui empêche cette séparation.* Ainsi un mélange de camphène inactif et d'essence de térébenthine française (P. E. 155-156° C.) donne un eutectique à point de fusion d'environ — 118°, à une teneur de 30 pour 100 de camphène environ; de sorte que si l'on a un mélange de pinène et de camphène plus pauvre en camphène que 30 pour 100 environ, ce sera le pinène qui cristallisera par congélation et à des températures inférieures à — 60° C.

Le point de fusion des eutectiques formés entre quelques terpènes mélangés à différents pourcentages de camphène inactif est indiqué dans le tableau suivant :

([1]) Semmler, *Die Aether. Oele*, vol. 2, p. 54.
([2]) Golubeff, *Jour. Soc. Chim. Russ.*, t. 20, 1888, p. 1585.
([3]) Scindelmeiser, *Chem. Zeits.*, 1903, p. 73.
([4]) *C. R. de Schimmel*, vol. 1, 1903, p. 85.

I. Teneur en pour 100 de camphène.	II. α-pinène.	III. β-pinène.	IV. Mélange d'α et β-pinène (ess. de téréb. rect.).	V. Dipentène.
80....	+ 15°C.	+ 20°C.	+ 6°C.	— 6°C.
60....	— 27	— 21	— 29	— 52
50....	— 39	— 50	— 51	— 78
40....	— 65	— 74	— 75	— 98
30....	—115	—110	—101	—111
20....	—108	— 95	— 85	—105
10....	— 89	— 75	— 68	— 96

La colonne I donne la proportion de camphène dissous dans les terpènes énumérés en tête des autres colonnes; les nombres des colonnes II à V donnent le point de fusion de ces différentes solutions.

Il résulte de ce qui vient d'être dit que la séparation par cristallisation du camphène avec d'autres terpènes qui l'accompagnent est très difficile, si la teneur du mélange en camphène ne dépasse pas 30 pour 100 environ. Pour des teneurs inférieures, il faudrait déplacer le point eutectique et congeler sous pression. La séparation ne devient commode que lorsque la teneur du mélange en camphène dépasse 30 pour 100. Pour des mélanges plus pauvres en camphène, la séparation doit se faire par d'autres méthodes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un cas particulier de la filtration.* Note de M. C. **Dosios**, présentée par M. Jean Perrin.

Il est bien connu qu'il est difficile de débarrasser un gaz des suspensions ultramicroscopiques qu'il contient, tandis que ses impuretés gazeuses, ou à l'état de vapeur, sont aisément captées par un simple barbotage dans un liquide approprié; cette difficulté, qui a été surtout remarquée vers la fin de la grande guerre, après l'introduction des arsines solides dans les gaz de combat, s'explique facilement par la théorie cinétique.

C'est que les molécules possèdent des vitesses supérieures à celles des suspensions, et par ce fait la probabilité pour elles de parcourir une longueur donnée, et par cela de rencontrer des parois captantes sont, pour le même intervalle de temps, plus grandes. La loi des déplacements a été vérifiée d'ailleurs par les expériences de M. Jean Perrin (1).

(1) *Ann. de Chimie et de Phys.*, 8e série, t. **18**, 1909, p. 82.

Je me propose ici d'examiner le cas où l'on voudrait débarrasser le fluide des suspensions qu'il contient en le faisant traverser par un filtre.

Ce dernier agit d'abord par simple criblage, en arrêtant toute particule de dimensions plus grandes que celles de ses pores, l'action de la paroi filtrante ne se borne cependant pas là.

Supposons le cas, où la surface de séparation filtre-fluide manifeste pour les particules une adsorption positive, ces dernières suivent le fluide dans sa translation, tout en possédant chacune son mouvement brownien propre. Pour simplifier les calculs, qui n'ont en vue que l'établissement d'un principe, nous admettrons que les forces d'adsorption, dans le cas où leur action ne serait pas négligeable aux distances considérées, sont newtoniennes.

La moyenne des carrés des déplacements des particules, soumises au mouvement brownien, est donnée par la formule d'Einstein

$$\Delta^{\bar{2}} = \frac{RT}{N}\frac{1}{3\pi\zeta r}t$$

qui, bornée aux variables qui nous intéressent, se réduit à

$$\Delta^{\bar{2}} = \lambda^2\frac{t}{r}.$$

Représentons maintenant par R le rayon de la section du pore : la distance moyenne M à franchir par un point mobile, se trouvant sur ladite section et cheminant vers la circonférence, est donnée par l'intégrale

$$M = \frac{4}{\pi R}\int_0^{\frac{\pi}{2}}\int_0^R \alpha\sqrt{1-\frac{\alpha^2}{R^2}\sin\theta}\,d\theta\,d\alpha,$$

où α représente la distance au centre de la section du point de rencontre d'une corde donnée avec un diamètre, pris comme direction de repère et θ l'angle de ces deux droites; cette intégrale donne environ

$$M = 0,85R = kR.$$

L'éxpression donnant la moyenne des temps exigés par les corpuscules en suspension, pour atteindre les parois du pore, serait donc de la forme

$$t = \frac{1}{\lambda^2}(kR - r)^2 r = \frac{R^3}{\lambda^2}\left(k - \frac{r}{R}\right)^2\frac{r}{R},$$

expression qui s'annule pour $\frac{r}{R} = k$ et $r = 0$ et dont la dérivée s'annule

pour $\frac{r}{R} = k$ et $\frac{r}{R} = \frac{k}{3}$; la première de ces valeurs correspond à un minimum qui est o, chose à laquelle il fallait s'attendre, étant donné que d'après la mise en équation du problème, il n'y a pas de distance à franchir, les dimensions de la particule égalant, pour ainsi dire, l'espace libre moyen du pore; la seconde valeur de t, correspondant à $\frac{r}{R} = \frac{k}{3}$, est un maximum.

Il s'ensuivrait qu'en cas où des corpuscules, se trouvant en suspension dans un fluide, passent, entraînées par ce dernier à travers les pores d'un filtre, dont les parois exercent sur elles une adsorption positive, le filtre manifesterait sur ces suspensions une action sélective; il laisserait passer de préférence des corpuscules de certaines dimensions en captant plus facilement les plus petites ou les plus grandes.

Les considérations ci-dessus se rapportent au cas le plus simple, de corpuscules sphériques, se mouvant dans un canal cylindrique, la généralisation cependant, quoique comportant de grandes difficultés de calcul, est facile à envisager en principe; il suffit que la section du pore soit de forme admettant le sens d'une distance moyenne de ses points à son périmètre et que la forme des corpuscules permette de concevoir un rayon moyen.

Il serait intéressant de rapprocher cette manière de voir de l'action sélective des parois semi-perméables.

MÉTALLURGIE. — *Sur la formation des loups dans les fours à cuve.* Note de M. **B. Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Sous le nom de loups, les métallurgistes désignent de gros blocs métalliques, souvent riches en fer, qui se forment fréquemment dans la partie inférieure (creuset) des fours à cuve employés pour la fusion des minerais.

Ces blocs de métal, solidifié spontanément, causent de graves soucis à ceux qui conduisent les fours. Il arrive, en effet, parfois que le loup grossisse au point d'envahir tout le creuset et obstruer les trous de coulée, d'où arrêt forcé du fourneau.

Jusqu'ici la formation des loups a été attribuée à un refroidissement momentané et accidentel du four, qui provoquerait la solidification des matières liquides à l'intérieur du creuset. Il faut reconnaître que si cette explication est valable dans certains cas, elle est insuffisante dans bien

d'autres, notamment pour les fours à cuve utilisés dans la fusion des minerais pour mattes.

Dans ce dernier cas, la formation d'un loup est toujours précédée par la séparation du métal fondu en deux couches : l'une très sulfureuse (S = 15-20 pour 100), très fusible et légère; l'autre, peu sulfureuse (S = 3-5 pour 100), peu fusible et lourde, se figeant facilement au fond du creuset en donnant un loup. D'où il résulte que pour éviter la production des loups, il faudrait avant tout empêcher cette séparation du métal en deux couches.

Dans notre Note sur la désulfuration des métaux par la chaux [1] nous avons montré que la fusion des sulfures métalliques en présence de la chaux et *d'un excès de charbon* donne lieu, dans le partage du soufre, à un équilibre tel, que la majeure partie du soufre se combine avec la chaux et très peu avec le métal. Que se passera-t-il si le charbon ajouté au mélange à fondre n'est plus en excès? *A priori*, le partage de soufre variera en fonctions de la quantité de charbon : moins il y aura de charbon, plus il y aura de soufre dans le métal et inversement.

Les expériences de laboratoire que nous avons effectuées à ce sujet ont confirmé la règle énoncée ci-dessus. En fondant, en effet, des oxydes de fer ou de nickel avec du silicate de chaux et du sulfure de calcium, nous avons obtenu des culots métalliques contenant de 3 à 20 pour 100 de soufre, suivant les quantités de charbon introduites dans les mélanges à fondre.

Le tableau ci-dessous indique la composition en poids de quelques-uns de ces mélanges et les teneurs en soufre des culots métalliques obtenus après la fusion.

	Poids en grammes des corps fondus.						
Mélanges.	Fe^2O^3.	NiO.	SiO^2.	CaO.	CaS.	C.	Culots métalliques.
I.....	160	»	120	112	36	30	Fer à 11,5 pour 100 de soufre.
II....	»	»	»	»	»	40	Fer à 3,2 »
III...	»	148	»	»	72	20	Nickel à 19,6 »
IV...	»	»	»	»	»	30	Nickel à 4,4 »

Considérons maintenant une section horizontale d'un four à cuve, dans le voisinage des tuyères, par exemple. Dans cette section la température et l'atmosphère ne sont évidemment pas les mêmes en tous les points. Plus on s'approche du centre du fourneau, plus les gaz qui y circulent sont riches en oxyde de carbone et pauvres en acide carbonique. Il existe donc

---

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 103.

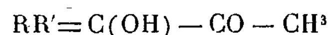
dans le fourneau des zones, à allure plus ou moins réductrice; par conséquent, la composition de la matte obtenue variera d'un point à l'autre du fourneau; vers la périphérie, la matte sera très sulfureuse; au centre, elle sera pauvre en soufre.

Si le fourneau est construit et conduit de façon que l'air insufflé puisse pénétrer jusqu'au centre (water-jacket rectangulaire très allongé), la proportion du métal peu sulfureux sera relativement faible. Ce métal peu fusible sera d'ailleurs dissous sans difficulté, dans le creuset, par la matte très sulfureuse produite dans les zones périphériques.

Par contre, dans un fourneau de grand diamètre, fonctionnant à allure chaude (beaucoup de CO dans les fumées), la quantité de métal pauvre en soufre sera considérable. Celui-ci se déposera constamment dans le creuset et l'on constatera alors que le fourneau tend à former des loups, au plus léger refroidissement.

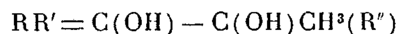
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la pennone ou tétraméthyl-2.2.3.3-pentanone-4.* Note de MM. **R. Locquin** et **W. Sung**, présentée par M. A. Haller.

Nous avons précédemment relaté [1] que sous l'action des composés organo-magnésiens R″MgX, les méthylcétones-α-hydroxylées



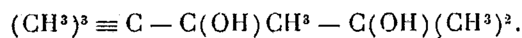
$$RR' = C(OH) - CO - CH^3$$

fournissent les pinacones correspondantes



$$RR' = C(OH) - C(OH)CH^3(R'')$$

et parmi ces dernières nous avons décrit le tert.-butyl-2-méthyl-3-butanediol-2.3 ou triméthyl-tert.-butyl-glycol :



$$(CH^3)^3 \equiv C - C(OH)CH^3 - C(OH)(CH^3)^2.$$

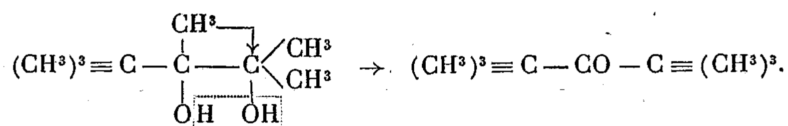
Richard [2] avait déjà préparé cette dernière pinacone par action de CH^3MgI sur les éthers de l'acide tétraméthyllactique. L'ayant fait bouillir pendant quelques heures avec de l'acide sulfurique à 20 pour 100, il signala que la déshydratation n'était pas intégrale et qu'elle ne donnait naissance qu'à l'*hexaméthylacétone* $(CH^3)^3 \equiv C - CO - C \equiv (Cu^3)^3$,

(1) Locquin et W. Sung, *Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 682.

(2) A. Richard, *Thèse*, Paris, 1910, p. 63; *Ann. Ch.*, t. **21**, 1910, p. 391.

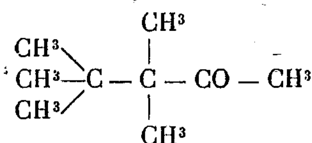
corps liquide bouillant à 150°, déjà obtenu différemment par MM. Haller et Bauer (1).

L'hexaméthylacétone ainsi produite provient manifestement de la transposition pinacolique représentée par le schéma ci-dessous :



Or, ayant renouvelé les essais de pinacolisation du triméthyl-tert.-butylglycol, nous avons constaté que la déshydratation peut être rendue totale (2) et qu'en tout cas, que cette déshydratation soit complète ou partielle, l'hexaméthylacétone formée ne représente qu'une faible partie (de 6 à 7 pour 100) de la réaction, alors que le produit principal (plus de 76 pour 100) est constitué par un liquide sirupeux, bouillant de 166° à 170°, se prenant rapidement en masse, extraordinairement sublimable et correspondant exactement à la composition $C^9H^{18}O$ qui est également celle de l'hexaméthylacétone.

Ce corps, donnant une oxime et une semicarbazone qui seront décrites plus loin, et rien ne permettant de supposer qu'on a affaire à un aldéhyde, renferme évidemment une fonction cétonique dans sa molécule. D'autre part, quand on l'oxyde au moyen de NaOBr et, de préférence, au moyen de l'acide nitrique à environ 52 pour 100 bouillant, on le transforme (intégralement dans ce dernier cas) en un monoacide fondant à 200°, auquel les données analytiques assignent la composition $C^8H^{16}O^2$. Cet acide ne possédant qu'un atome de carbone de moins que le corps primitif, la seule manière d'interpréter les faits ci-dessus est de considérer le corps en question comme constitué par la pinacoline

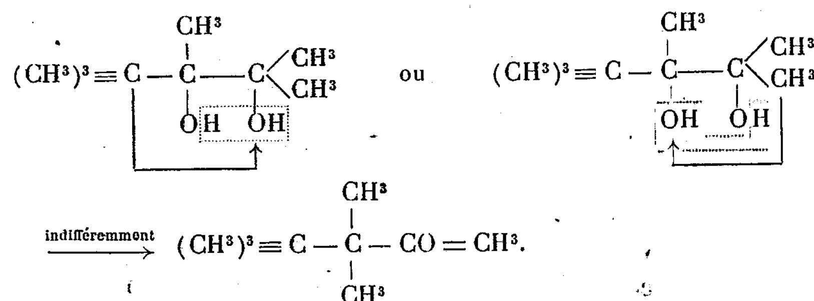


qui — toute hypothèse sur l'aptitude migratrice des différents radicaux

(1) HALLER et BAUER, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 584.

(2) Les meilleurs résultats sont fournis par chauffage du glycol à 150°-160° pendant 7 ou 8 heures avec environ six fois son poids d'acide phosphorique étendu ($d = 1,13$) ou bien encore par l'emploi de SO^4H^2 concentré, à la température de 0°, comme le fit Meerwein dans des circonstances analogues (*Lieb. Ann.*, t. 419, 1919, p. 121 à 159).

étant écartée, résulterait de l'une ou de l'autre des deux transpositions schématisées ci-dessous :



Cette nouvelle cétone serait donc la 2.2.3.3-tétraméthylpentanone-4. Nous proposons de la désigner par le nom plus court de *pennone* (de *penna*, plume) mot qui a l'avantage de rappeler son squelette barbelé et sa grande volatilité.

Tant par ses propriétés que par celles de ses dérivés, la pennone est un des corps les plus étranges que nous ayons rencontrés dans la série grasse.

Tout d'abord, elle ne réagit que lentement sur l'hydroxylamine. Il faut insister avec le réactif de Crismer pour avoir son *oxime*, corps également très sublimable, bouillant de 215° à 220°, fondant à 125° et dont la saponification est difficile. De même, avec la semicarbazide (base) en solution acétique ou hydro-alcoolique elle ne se transforme qu'à la longue en *semicarbazone* fondant à 207°-208° dont on régénère aisément la *pennone pure* qui se présente alors sous l'aspect d'une masse vitreuse, très soluble dans tous les dissolvants, ayant à s'y méprendre l'odeur et l'aspect du camphre, bouillant exactement à 167°,5 sous 746^{mm} et fondant à 63°-64°. Réduite par le sodium et l'alcool, elle fournit l'alcool secondaire correspondant ou *pennol* bouillant à 179°-180° et fondant vers 50°.

Quant à l'acide en $C^8H^{16}O^2$ fondant à 200° qui résulte de l'oxydation de la pennone ou du pennol et qui est par conséquent l'*acide α-α-β-β-tétraméthylbutyrique* facilement soluble dans l'alcool, l'éther, etc., il est remarquable par son point de fusion élevé et par sa résistance à l'éthérification. Néanmoins en passant par l'intermédiaire de son *chlorure* qu'il suffit de verser dans l'alcool absolu, on le transforme intégralement en *α-α-β-β-tétraméthylbutyrate d'éthyle*, liquide mobile bouillant à 168°-169° sous 746^{mm} qui, une fois formé, résiste à son tour très énergiquement aux agents de saponification acides ou alcalins et refuse absolument de se laisser réduire par le sodium et l'alcool.

Les propriétés très spéciales de la pennone et de ses dérivés sont sans nul doute attribuables au squelette particulier des molécules de ce genre dans lesquelles figurent deux atomes de carbone tétrasubstitués comparables à ceux qui figurent dans les molécules des corps de la série du camphre.

D'autre part, étant donné que la pennone représente de beaucoup le produit principal de la transposition pinacolique du triméthyl-tert.-butylglycol, la formation tout à fait accessoire d'hexaméthylacétone dans la même opération ne saurait — contrairement à ce qu'on avait cru précédemment faute de renseignements (1) — constituer un argument bien sérieux à l'appui des hypothèses qui ont été émises relativement à la comparaison de l'aptitude migratrice des divers radicaux aliphatiques dans les transpositions pinacoliques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des sulfates dialcooliques mixtes sur les combinaisons organomagnésiennes mixtes.* Note de M. L. Bert présentée par M. A. Haller.

On sait que les sulfates neutres de méthyle (2), d'éthyle (3) ou d'isopropyle (4) réagissent par double décomposition sur les combinaisons organomagnésiennes mixtes et permettent ainsi d'introduire un groupe méthyle, éthyle ou isopropyle dans un composé organique. La difficulté de préparation des éthers sulfuriques symétriques, autres que ceux mentionnés ci-dessus, a vraisemblablement empêché jusqu'ici d'étendre cette réaction au delà du terme en C^3 de la série des alcools gras. L'obtention plus aisée des éthers sulfuriques mixtes dans lesquels l'un des restes d'alcools est éthylique nous a engagé à étudier leur mode de réaction sur les organomagnésiens. La présente Note résume nos observations sur ce sujet.

I. *Préparation de sulfovinates alcooliques.* — Nous avons préparé les sulfovinates de méthyle, propyle, isopropyle, *n*-butyle, isoamyle, par action du chlorosulfonate d'éthyle sur les alcoolates de sodium correspondants, mis en suspension dans de l'éther anhydre refroidi vers — 10° (5).

Les sulfovinates d'isopropyle et d'isoamyle ont été découverts par Bushong (*loc. cit.*); nous confirmons toutes ses données. Le sulfovinate de méthyle est mal connu; ceux de propyle et de *n*-butyle n'ont pas encore été

(1) Meerwein, *loc. cit.*

(2) A. Werner et F. Zilkens, *D. ch. G.*, t. 36, 1903, p. 2116; J. Houben, *Ibid.*, p. 3083.

(3) H. Gilman et R.-E. Hoyle, *Am. chem. Soc.*, t, 44, 1922, p. 2621.

(4) L. Bert, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 840.

(5) F.-W. Bushong, *Amer. Chem. J.*, t. 30, 1903, p. 212.

signalés. Nous donnons ci-dessous leurs caractéristiques et les rendements des opérations, calculés par rapport au chlorosulfonate d'éthyle employé à la dose de 100^g ($\frac{2}{3}$ de mol-gr environ) pour 1 mol-gr d'alcoolate de sodium.

Sulfovinate de méthyle : $SO^2\langle^{OCH^3}_{OC^2H^5}$. — Huile incolore, à odeur de menthe poivrée.

$$\text{Éb}_{15} = 85°; \quad D^{16,5} = 1,228; \quad n_D^{16,5} = 1,399.$$

Analyse. — S pour 100 : 22,76 (théorie, 23,00).
Rendement : 20 pour 100.

Sulfovinate de propyle : $SO^2\langle^{OC^3H^7}_{OC^2H^5}$. — Huile incolore, à odeur rappelant celle que produit la torréfaction du cacao.

$$\text{Éb}_{18} = 107°\text{-}108°; \quad D^{16,5} = 1,140; \quad n_D^{16,5} = 1,411,$$

Analyse. — S pour 100 : 18,84 (théorie, 19,04).
Rendement : 30 pour 100.

Sulfovinate de n-butyle : $SO^2\langle^{OC^4H^9}_{OC^2H^5}$.— Huile incolore, à odeur fruitée agréable.

$$\text{Éb}_{20} = 117\text{-}118°; \quad D^{18} = 1,112; \quad n_D^{18} = 1,415.$$

Analyse. — S pour 100 : 17,65 (théorie 17,58).
Rendement : 55 pour 100.

II. *Action sur* C^6H^5MgBr. — On ajoute goutte à goutte la solution éthérée de sulfovinate alcoolique à une quantité équimoléculaire de bromure de phénylmagnésium. La réaction est moins violente qu'avec le sulfate diméthylique, mais néanmoins très nette, ce qui manifeste la vive ébullition de l'éther et l'apparition d'une masse pâteuse blanchâtre. Le produit de la réaction est traité à la façon habituelle ; le liquide restant après élimination de l'éther est fractionné; chaque fraction est enfin rectifiée sur du sodium jusqu'à ce que celui-ci reste brillant. On isole ainsi :

1° Avec le sulfovinate de méthyle une portion passant de 105° à 110°, renfermant du toluène. La quantité de carbure recueillie étant trop faible pour permettre une détermination précise des constantes physiques, nous l'avons identifié par nitration. Une première nitration nous a fourni une huile jaunâtre à odeur de mononitrotoluènes, abandonnant quelques cristaux dans un mélange glace-sel. Une nitration plus avancée de cette huile nous a donné un corps cristallisé en aiguilles jaunâtres, fondant à 70° et dont le point de fusion n'a pas varié par mélange avec du *m*-dinitrotoluène pur, ce qui l'identifie à ce dernier.

2° Avec les quatre autres sulfovinates, une portion 130°-140° qui fournit après rectification un carbure que l'ensemble de ses constantes physiques suffit à identifier à l'éthylbenzène :

$$\text{Éb}_{\text{corr.}} = 135^\circ\text{-}136^\circ; \quad D^{16,5} = 0,865; \quad n_D^{16,5} = 1,498,$$

d'où

$$\frac{n^2-1}{n^2+2}\,\frac{M}{D} = 35,9$$

$R_m = 35,54$ (données d'Eisenlohr pour les réfractions atomiques).

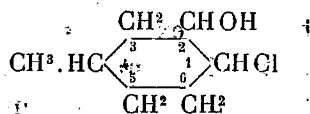
Nous n'avons pu identifier d'autres carbures que le toluène pour le 1° et l'éthylbenzène pour le 2°. Les rendements en carbure ne dépassent pas 30 pour 100. En mettant en présence 2^{mol} de C^6H^5MgBr et 1^{mol} de sulfovinate alcoolique et en élevant la température par remplacement de l'éther par du toluène, nous n'avons pas davantage réussi à obtenir d'autres carbures.

En résumé, nous pouvons conclure de ce qui précède, que, dans l'action d'un sulfate dialcoolique mixte sur une combinaison organomagnésienne mixte, seul le résidu alcoolique le moins carboné participe à la double décomposition et se soude au radical organique du magnésien.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'obtention de stéréo-isomères dans la série du cyclohexanol disubstitué.* Note de MM. **Marcel Godchot** et **Pierre Bedos**, présentée par M. A. Haller.

La présente Note a pour but d'indiquer le mode d'obtention de deux chlorhydrines stéréo-isomères issues du Δ_3-méthylcyclohexène et de deux diméthyl-1.4-cyclohexanols-2 stéréo-isomères.

I. L'action de l'acide hypochloreux, engendré à l'aide de la monochlorourée suivant le procédé de Detœuf (1), sur le Δ_3-méthylcyclohexène donne naissance à un mélange de deux chlorhydrines *cis* et *cis-trans*, bouillant entre 95° et 105° sous 15^{mm}, et dont la constitution chimique, ainsi que nous nous proposons de le démontrer dans une très prochaine Note, est représentée par la formule

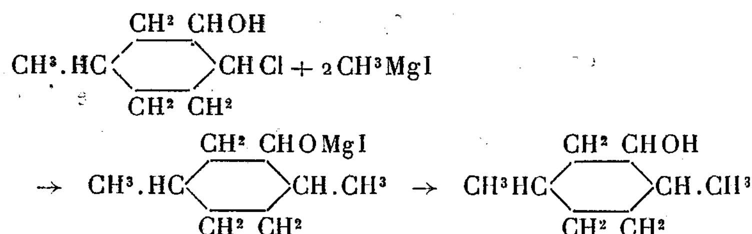


Chloro-1-méthyl-4-cyclohexanol-2.

(1) *Bull. Soc. Chim. France*, 1922, p. 102.

II. Nous avons pu démontrer l'existence de deux chlorhydrines stéréo-isomères dans le mélange (Eb. 95°-105° sous 15^{mm}) en fractionnant ce dernier, par distillations répétées sous 15^{mm}, en deux portions, l'une bouillant entre 95°-99° ($d_{13} = 1,1049$; $n_D^{13} = 1,4852$; R. M. trouvée : 38,53; R. M. calculée pour $C^7H^{13}OCl$: 38,68) et l'autre bouillant entre 99°-105° ($d_{13} = 1,109$; $n_D^{13} = 1,4847$; R. M. trouvée : 38,36).

En faisant ensuite réagir sur chacune de ces portions l'iodure de méthylmagnésium de façon à provoquer les réactions



et, en suivant la technique indiquée par M. Grignard ([1]), on obtient, avec la portion (95°-99°), un diméthyl-1.4-cyclohexanol-2, donnant presque uniquement un allophanate assez peu soluble dans l'alcool et fusible à 158°, tandis qu'avec la portion (99°-105°) on obtient un diméthyl-1.4-cyclohexanol-2 dont l'allophanate, fusible à 125°, est beaucoup plus soluble dans l'alcool et n'est accompagné que de traces d'allophanate. F. à 158°.

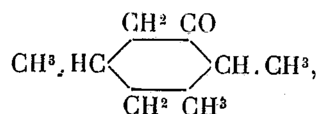
Ces deux alcools, qui sont liquides et d'odeur assez agréable, sont obtenus ensuite dans un grand état de pureté en les régénérant respectivement de leur allophanate. Ils possèdent alors les constantes physiques suivantes :

	Diméthyl-1.4-cyclohexanol-2 de l'allophanate.	
	F. 158°.	F. 125°.
P. éb. (corrigé) sous 760^{mm} ...	175°	177°
D_{17}..........................	0,9066	0,9079
n_D^{17}	1,4521	1,4544
R. M. trouvée	38,09	38,20
R. M. calculée pour $C^8H^{16}O$...	38,34	38,34

III. Ces deux diméthylcyclohexanols sont certainement deux stéréo-isomères car, oxydés séparément en milieu acétique par l'acide chromique, ils donnent naissance à une seule cétone, une diméthyl-1.4-cyclohexa-

([1]) *Comptes rendus*, t. **141**, 1905, p. 44.

none-2 :



[P. éb. 171°-172° (corrigé); semicarbazone, P. F. 122°],

identique du reste à celle déjà décrite et obtenue par nous en oxydant le diméthylcyclohexanol, issu de l'action de CH^3MgI sur l'oxyde du Δ_3-méthylcyclohexène. Ce fait nous fixe en outre sur la position relative des deux CH^3 dans ce dernier diméthylcyclohexanol qui fournit également un allophanate fusible à 158°.

IV. En résumé, ces recherches démontrent l'existence de deux nouveaux diméthyl-1.4-cyclohexanols-2 stéréo-isomères auxquels correspond une nouvelle diméthyl-1.4-cyclohexanone-2. Ces alcools se trouvent être des stéréo-isomères du diméthyl-1.4-cyclohexanol-2 découvert par MM. Sabatier et Mailhe ([1]), en hydrogénant par la méthode catalytique au nickel, le diméthyl-1.4-phénol-2 et dont l'oxydation leur avait fourni une diméthyl-1.4-cyclohexanone-2 (Eb. 176°-semicarbazone, P. F. 155°) qui se trouve être une cétone stéréo-isomère de celle décrite par nous.

Tous ces faits s'accordent du reste parfaitement avec la théorie qui prévoit l'existence possible de quatre diméthyl-1.4-cyclohexanols-2 stéréo-isomères auxquels doivent correspondre deux diméthyl-1.4-cyclohexanones-2 stéréo-isomères.

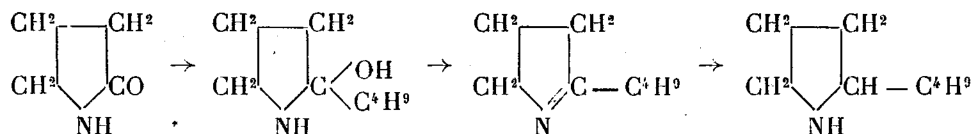
CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle synthèse de l'α-n-butylpyrrolidine.* Note de MM. **E.-E. Blaise** et **A. Cornillot**, présentée par M. A. Haller.

Au cours de recherches sur la cyclisation des diamines par action de la chaleur sur leurs chlorhydrates, l'un de nous a donné antérieurement, en collaboration avec M. Houillon ([2]), une méthode de synthèse de l'α-*n*-butylpyrrolidine. Depuis cette époque, M. Kurt Hess, cherchant à réaliser la synthèse de cette même base en suivant une voie d'ailleurs tout autre, a obtenu un produit qui paraît absolument différent de celui que nous avons décrit. Afin de lever cette contradiction, il nous a semblé que le mieux était, non pas de répéter des travaux matériellement exacts, mais de

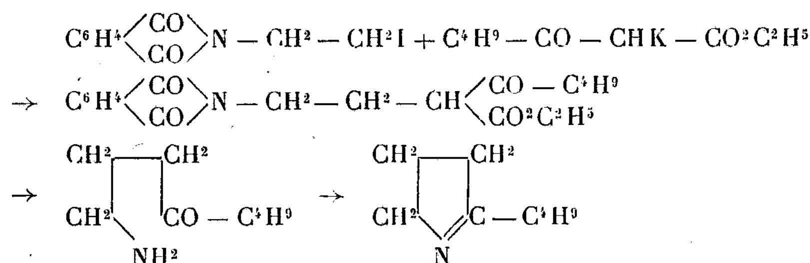
([1]) *Comptes rendus*, t. **175**, 1922, p. 1411.
([2]) E.-E. Blaise, *Comptes rendus*, t. **142**, 1906, p. 1541 et t. **143**, 1906, p. 361.

préparer l'α-*n*-butylpyrrolidine à l'aide d'un troisième processus synthétique.

Nous avons pensé, tout d'abord, à condenser la pyrrolidone avec l'iodure de butylmagnésium et à hydrogéner l'α-*n*-butylpyrroline résultant de la déshydratation du produit de condensation :



Mais il nous a été absolument impossible d'obtenir une alcoylation de la pyrrolidone par action du dérivé organomagnésien. Nous avons alors utilisé un procédé dont le principe a été donné par Gabriel [1]. La β-iodéthylphtalimide est condensée avec le *n*-valérylacétate d'éthyle potassé; le produit de condensation, par hydrolyse bromhydrique, fournit l'α-*n*-butylpyrroline et celle-ci est finalement hydrogénée.



Nous ne nous occuperons, dans la présente Note, que de la préparation de l'α-*n*-butylpyrroline. L'iodéthylphtalimide résulte de la double décomposition entre l'iodure de sodium et la bromélhylphtalimide; ce corps, décrit comme fondant à 84° (Bayer, brevet 164510, 1914), fond en réalité, à 94°, à l'état pur. D'autre part, le *n*-valérylacétate d'éthyle, encore inconnu, a été obtenu en suivant la méthode donnée par l'un de nous : condensation de l'iodure de *n*-butyle-magnésium avec le cyanacétate d'éthyle [2]. Cet éther, purifié par transformation en dérivé magnésien constitue un liquide à odeur assez forte, bouillant à 112°, sous 18^{mm}. La semicarbazide le transforme en la carbamylpyrazolone correspondante, qui cristallise aisément dans l'alcool et fond à 165°. La phénylhydrazine donne la butylphénylpyrazolone, qui fond à 79°.

---

(1) *Berichte*, t. 42, p. 1239.

(2) *Comptes rendus*, t. 132, 1901, p. 978.

La condensation du valérylacétate d'éthyle potassé avec la β-iodéthylphtalimide ne se réalise pas sans difficulté, en raison du peu d'acidité de l'éther β-cétonique. Le produit obtenu est d'ailleurs liquide et ne peut être distillé sans décomposition. Aussi a-t-il été hydrolysé directement, au moyen de l'acide bromhydrique. En alcalinisant ensuite et entraînant par un courant de vapeur d'eau, on obtient l'α-*n*-butylpyrroline. Celle-ci constitue un liquide incolore, à odeur forte, bouillant très bien à 68°,5, sous 19^{mm}. Le chloroplatinate $(C^8H^{16}NCl)^2PtCl^4$ cristallise en longues aiguilles prismatiques rouges; chauffé, il noircit vers 170° et fond avec décomposition à 182°-183°.

Le chloraurate se sépare sous forme d'huile jaune, mais n'a pu être obtenu cristallisé. Par contre, l'action du cyanate de potasse sur le chlorhydrate de la base donne l'urée $C^9H^{16}ON^2.H^2O$ fusible à 104°-105°, facilement soluble dans l'eau bouillante, peu soluble à froid dans ce solvant.

Nous poursuivons l'étude de l'hydrogénation de la butylpyrroline.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'identité de l'acide phocénique et de l'acide valérianique.* Note de M. **Émile André**, présentée par M. Charles Moureu.

Chevreul découvrit l'acide phocénique en 1817 ([1]) dans les huiles de dauphin et de marsouin, et, très peu de temps après (1818), il le retrouva dans les baies du *Viburnum opulus* ([2]). L'existence d'un acide entraînable par la vapeur d'eau dans la racine de valériane fut signalée pour la première fois en 1819 par Pentz ([3]). Cet acide fut retrouvé en 1830 par Grote ([4]), mais il ne fut sérieusement étudié qu'en 1833 par Tromsdorff ([5]), qui reconnut en lui un composé défini. On avait supposé auparavant que le produit qui rendait acide l'eau distillée de valériane était peut-être de l'acide acétique plus ou moins souillé par l'essence contenue dans la drogue.

([1]) Chevreul, *Mémoires du Muséum d'Histoire naturelle*, t. 4, 1818, p. 292.

([2]) Chevreul, *Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale*, p. 99 à 116; Paris, 1823.

([3]) *Brand's Arch.*, t. 28, 1819, p. 338.

([4]) Berzelius, *Jahresbericht*, t. 11, 1832, p. 225.

([5]) *Ann. der Pharm.*, t. 6, 1833, p. 176.

L'opinion qui a cours dans la plupart des Traités de Chimie publiés depuis 1854 (¹) considère que l'acide valérianique et l'acide phocénique sont deux composés identiques; mais, si l'on recherche le mémoire dans lequel cette identité aurait été démontrée, on ne le trouve nulle part. D'après certains ouvrages (²), c'est Tromsdorff qui aurait établi le fait dans le travail qu'il a publié en 1833; il est facile cependant de constater l'inexactitude de cette affirmation.

C'est sans doute à cette incertitude de documentation qu'il faut attribuer l'opinion qui tend à s'accréditer actuellement dans divers pays d'Europe. Pour certains auteurs, l'identité entre l'acide phocénique et l'acide valérianique, qui apparaissait autrefois comme un fait démontré, n'est plus aujourd'hui qu'une simple possibilité (³); il en est d'autres qui vont plus loin: ils supposent que l'acide phocénique n'existe pas (⁴) et que Chevreul aurait eu entre les mains un mélange équimoléculaire d'acide butyrique et d'acide caproïque. Cette supposition, peu flatteuse pour l'illustre chimiste, est peu compatible avec sa réputation méritée d'expérimentateur habile et soigneux, ne repose sur rien et ne tient pas à la réflexion. Ceux qui la font n'ont certainement pas lu l'ouvrage où Chevreul a rassemblé les résultats de ses recherches sur les corps gras. Ils y auraient vu qu'en étudiant les acides entraînables par la vapeur d'eau contenus dans le beurre de vache, Chevreul réussit parfaitement à séparer les acides butyrique et caproïque, qu'il découvrit d'ailleurs, ainsi que bon nombre d'autres principes immédiats. Pourquoi supposer qu'il ne serait pas parvenu à faire la même séparation sur les acides des huiles de dauphin et de marsouin?

Il nous a paru intéressant d'élucider d'une façon indiscutable la question en litige.

Nous avions à notre disposition une petite quantité d'acide isovalérique (acide isopropylacétique) que nous avions préparé par synthèse à l'occasion d'un travail antérieur, en faisant réagir le gaz carbonique sur le bromure d'isobutylmagnésium. La constitution n'en est pas douteuse, et il pouvait servir de terme de comparaison.

(¹) GERHARDT, *Traité de Chimie organique*, t. 2, 1854, p. 654.

(²) WURTZ. *Dictionnaire de Chimie*, t. 3, 1882, p 619.

(³) BEILSTEIN, *Handbuch der org. Chem.*, 4ᵉ édition, t. 2, p. 309.

(⁴) LEWKOWITSCH, *Chemical Technology and Analysis of Oils, Fats and Waxes*, 5ᵉ édition, p. 152. *Technical Handbook of Oils, Fats and Waxes*, 3ᵉ édition, 1920, p. 37.

M. Joubin nous a procuré une petite quantité d'huile de tête de dauphin, et M. Louis Simon une importante quantité d'huile de lard de marsouin. Les principales propriétés physiques et chimiques de ces huiles seront publiées prochainement dans un autre recueil. Nous avons soumis à l'entraînement par la vapeur d'eau les acides gras provenant de chacune d'elles; l'huile de tête de dauphin contenait plus de 25 pour 100 d'acide phocénique, l'huile de lard de marsouin n'en contenait que 3 pour 100, mais la quantité importante de matière première mise à notre disposition compensait ce faible rendement.

M. Simon nous a remis un petit échantillon d'acide valérianique de la valériane.

On trouvera dans le tableau ci-dessous les températures d'ébullition des échantillons d'acide phocénique et valérianique que nous avons pu examiner :

	Acide valérianique de synthèse.	Acide valérianique de la racine de valériane.	Acide phocénique de l'huile de tête de dauphin.	Acide phocénique du lard de marsouin.
Points d'ébullition....	173-176° (1)	172-175°	174-176°	170-175°,5 (2)

Pour établir d'une façon certaine l'identité de ces divers acides, nous avons pensé que le meilleur moyen serait de les transformer en un dérivé cristallisé et d'en prendre le point de fusion. Nous les avons transformés en amides en traitant les chlorures d'acides par l'ammoniaque. Les produits bruts ont été purifiés par recristallisation dans l'acétone. Nous indiquons leur point de fusion dans le tableau suivant :

	Points de fusion des amides.			
	Acide valérianique de synthèse.	Acide valérianique de la racine de valériane.	Acide phocénique de l'huile de tête de dauphin.	Acide phocénique du lard de marsouin.
Produit brut.........	134-135°	129-131°	129-131°	117-120°
Produit recristallisé dans l'acétone......	135-136°	134-135°	133-134°	129-130°
Produit recristallisé 2 fois dans l'acétone.	»	»	»	132-133°

(1) 70 pour 100 du produit ont passé entre 173° et 174°.
(2) 60 pour 100 du produit ont passé entre 171° et 174°.

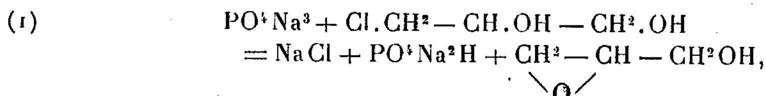
Nous avons mélangé deux à deux les amides purifiés. Le point de fusion des mélanges n'a jamais été inférieur à celui des deux produits qui fondait un peu plus bas que l'autre. Le mélange de l'amide de l'huile marsouin avec l'amide de synthèse fondait à 133-135°, et le mélange de l'amide de l'huile de dauphin avec l'amide de synthèse à 134-135°.

Nous avons tenu à faire sur le mélange équimoléculaire des acides butyrique (éb. 160-162°) et caproïque (éb. 204-206°) la même série d'essais. Ce mélange ne possède nullement l'odeur de l'acide valérianique, il a passé à la distillation entre 172° et 206°; enfin le mélange d'amides que nous en avons obtenus fondait entre 84° et 90° après recristallisation dans l'acétone.

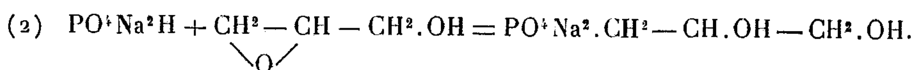
L'acide phocénique et l'acide valérianique sont donc bien deux composés identiques. La priorité de la découverte appartenant à Chevreul, c'est à tort que le nom d'acide valérianique a été préféré.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'action de quelques halohydrines sur le phosphate neutre de sodium en solution aqueuse et sur quelques glycophosphates.* Note de MM. **Octave Bailly** et **Jacques Gaumé**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

A. On sait que l'action de l'α-monochlorhydrine de la glycérine sur le phosphate neutre de sodium en solution aqueuse, qui conduit à l'obtention de l'α-glycérophosphate de sodium (1), ne consiste pas dans une simple élimination de chlorure de sodium avec soudure des deux restes de molécules, mais qu'elle comporte la formation transitoire de glycide et de phosphate monoacide de sodium, qui s'unissent ensuite l'un à l'autre (2) :

(1)


$$PO^4Na^3 + Cl.CH^2 - CH.OH - CH^2.OH = NaCl + PO^4Na^2H + CH^2 - CH - CH^2OH \quad (\text{O bridging})$$

(2)


$$PO^4Na^2H + CH^2 - CH - CH^2.OH \,(\text{O bridging}) = PO^4Na^2.CH^2 - CH.OH - CH^2.OH.$$

Les présentes recherches ont eu pour but d'étendre les résultats obtenus par King et Pyman et par O. Bailly à d'autres halohydrines. On s'est

(1) King et Pyman, *Tr. ch. Soc.*; t. 105, 1914, p. 1253.

(2) Octave Bailly, *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 677.

adressé pour cela à la monochlorhydrine du glycol et aux α-monobromhydrine et monoiodhydrine de la glycérine.

Les expériences ont été conduites comme dans le cas de la monochlorhydrine de la glycérine, c'est-à-dire qu'on a fait agir, molécule à molécule, l'halohydrine sur le phosphate neutre de sodium, en solution aqueuse $\frac{N}{2}$, à la température du laboratoire (18° à 20°). De temps en temps, on a procédé à des dosages :

1° De NaCl, NaBr ou NaI libéré par la méthode de Charpentier-Volhard.

2° De monoéther glyco- ou glycérophosphorique formé, en appréciant, à chaque essai, la diminution de la quantité de phosphore précipitable par le réactif ammoniaco-magnésien.

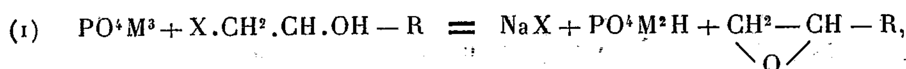
Les premiers dosages permettent de suivre la réaction (1) ou son analogue et les seconds sont les témoins certains de la réaction (2).

Les résultats obtenus, exprimés en molécules-grammes, et rapportés à une molécule-gramme de phosphate ou d'halohydrine mise en œuvre, sont consignés dans le tableau suivant :

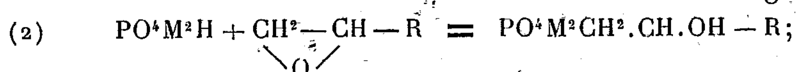
Temps en heures.	Expérience effectuée avec $CH^2Cl - CH^2.OH$		Expérience effectuée avec $CH^2Br - CH.OH - CH^2.OH$		Expérience effectuée avec $CH^2I - CH.OH - CH^2.OH$	
	NaCl éliminé.	$PO^4Na^2C^2H^4.OH$ formé.	NaBr éliminé.	$PO^4Na^2C^3H^5(OH)^2$ formé.	NaI éliminé.	$PO^4Na^2C^3H^5(OH)^2$ formé.
2...	0,496	0,067	0,832	0,096	0,952	0,089
5...	0,544	0,124	»	»	»	»
8...	0,720	0,280	»	»	»	»
24...	0,808	0,515	0,976	0,440	0,976	0,477
48...	0,840	0,600	0,992	0,574	0,992	0,657
96...	0,920	0,694	»	0,680	»	0,766
192...	0,960	0,775	0,992	0,745	0,992	0,835
264...	0,960	0,815	0,992	0,800	0,992	0,851

Il ressort de l'examen de ce tableau :

1° Que, quelle que soit l'halohydrine mise en œuvre, le mécanisme de la réaction est toujours le même :



$$(1)\quad PO^4M^3 + X.CH^2.CH.OH - R = NaX + PO^4M^2H + \underset{\diagdown O \diagup}{CH^2 - CH} - R,$$



$$(2)\quad PO^4M^2H + \underset{\diagdown O \diagup}{CH^2 - CH} - R = PO^4M^2CH^2.CH.OH - R;$$

2° Que ce mécanisme est encore plus net dans le cas des bromhydrines et

iodhydrines, où les deux phases de la réaction sont alors nettement scindées et en quelque sorte successives, que dans le cas des chlorhydrines.

B. Deux glycophosphates métalliques seulement ayant été décrits; les glycophosphates neutres de baryum et de calcium, isolés par P. Carré, de la masse d'éthérification du glycol par l'acide phosphorique (1), on a préparé un certain nombre de ces sels, à partir de la liqueur de réaction de $CH^2Cl - CH^2OH$ sur PO^4Na^3. Leurs caractères sont résumés dans le tableau suivant :

Désignation :	Formules :	Solubilité :
Glycophosphate de sodium........	$PO^4Na^2C^2H^4OH + H^2O$	sel déliquescent
» potassium.....	$PO^4K^2\ C^2H^4OH + 2H^2O$	id.
» baryum........	$PO^4Ba\ C^2H^4OH + H^2O$	7,27 % à 16° ; 3,50 » 55°
» strontium.....	$PO^4Sr\ C^2H^4OH + H^2O$	1,28 » 16° ; 0,58 » 55°
» calcium.......	$PO^4CaC^2H^4OH + H^2O$	0,30 » 16° ; 0,24 » 55°
Glycophosphate acide de baryum...	$[PO^4HC^2H^4OH]^2Ba + 3H^2O$	sel déliquescent
» strontium.	$[PO^4HC^2H^4OH]^2Sr$	id.
» calcium..	$[PO^4HC^2H^4OH]^2Ca$	3,99 % à 16°

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dosage volumétrique du carbone.*
Note (1) de M. **J.-F. Durand**, transmise par M. Paul Sabatier.

La méthode qui va être décrite permet de remplacer la combustion des corps organiques au moyen de l'oxyde de cuivre et de l'oxygène libre, pour le dosage du *carbone*, par une opération effectuée *à froid* et se réduisant à la mesure du *volume* du gaz carbonique résultant de l'oxydation de la substance.

L'oxydant employé est l'*anhydride permanganique*, en solution sulfurique. On le prépare en broyant, dans un mortier bien propre, un excès de permanganate de potassium avec 20^{cm^3} environ d'acide sulfurique pur à 66° B^{é}. Le liquide vert résultant, surmonté de gouttelettes huileuses d'anhydride permanganique, est décanté et versé dans l'un des compartiments du vase d'un calcimètre ou d'un uréomètre à mesure de volume gazeux; on y ajoute environ 2 pour 100 d'eau en volume.

Dans l'autre compartiment du vase, on introduit une solution, dans 5^{cm^3} d'acide sulfurique ou de tétrachlorure de carbone — corps non attaqués par le liquide perman-

(1) Carré, *Thèse de doctorat ès sciences,* Paris, 1904, p. 13.

(1) Séance du 24 mars 1924.

ganique — de 5cg environ, exactement pesés, de la substance où l'on veut doser le carbone [1]. On opère alors comme pour un dosage de CO^2 dans un calcaire, en mélangeant les deux liquides, agitant, et lisant, à la température du laboratoire, sur le mercure, le volume du gaz carbonique dégagé. Il ne reste plus qu'à faire les corrections habituelles pour ramener le volume aux conditions normales. On reconnaît qu'on a employé une quantité suffisante du liquide oxydant à ce que, après l'oxydation, la solution possède encore une couleur verte.

Si la réaction était trop violente, on opérerait avec une solution sulfurique d'anhydride permanganique suffisamment diluée. Il importe, en effet, que cet anhydride ne dégage pas d'oxygène libre, et qu'il n'acquière pas, par suite de l'effet thermique de la réaction, une tension de vapeur appréciable.

Voici les résultats obtenus avec quelques substances (5cg) *dissoutes dans l'acide sulfurique*, dans des expériences prises au hasard et effectuées *sans précautions spéciales :*

Substance.	Volume de gaz carbonique mesuré.	Volume de gaz carbonique calculé.
	cm³	cm³
Acénaphtène $C^{12}H^{10}$	86,7	87,0
Hydroquinone $C^6H^6O^2$	61,3	61,1
Acide benzoïque $C^7H^6O^2$	68,2	68,9
Saccharose $C^{12}H^{22}O^{11}$	39,6	39,3
Phtalimide $C^8H^5O^2N$	61,4	60,8
Azobenzène $C^{12}H^{10}N^2$	72,2	72,4
Diméthylamidoazobenzène $C^{14}H^{15}N^3$	69,2	69,7
Acide picrique $C^6H^3O^7N^3$	29,4	29,3

On voit que l'approximation est assez satisfaisante. Elle le sera davantage en opérant avec un appareil plus précis que le simple calcimètre dont je me suis servi dans ces essais.

Dans le cas des quatre corps azotés ci-dessus, le carbone est oxydé quantitativement et l'azote reste tout entier en solution sulfurique, sous une forme qui reste à déterminer.

Certains corps, tels que l'*urée*, la *propionamide*, le *nitrométhane*, ne donnent pas de dégagement gazeux dans les conditions que je viens de décrire. Pour d'autres substances, le dégagement de gaz carbonique correspond seulement à *certains* groupements carbonés existant dans la molécule

En solution dans le tétrachlorure de carbone, l'*acétone* (5cg) a donné 30cm³, 2

(1) Il est à noter qu'il importe peu que la solution sulfurique du corps étudié soit vraie ou colloïdale, ou même qu'il y ait une réaction chimique, pourvu que le liquide renferme *tout* le carbone de la substance.

(corr.) de CO^2, au lieu du volume calculé 29,7. De nombreux corps ont fourni des résultats du même ordre d'approximation.

En résumé, cette méthode de dosage du carbone est applicable à un grand nombre de corps, parmi lesquels, vraisemblablement, tous les hydrocarbures et tous les composés ternaires renfermant C, H et O. Elle est simple, très rapide, aussi précise que la méthode de Dumas; elle n'exige qu'une faible masse de substance et se prêtera à un microdosage du carbone, que je décrirai prochainement.

Je me propose d'étudier systématiquement l'application de cette méthode aux principales classes de composés organiques.

GÉOLOGIE. — *Sur l'invraisemblance d'une dérive des continents.* Note de M. **Ph. Négris**, présentée par M. Pierre Termier.

La première écorce du globe terrestre, d'après M. Henri Douvillé, dont j'accepte pleinement la manière de voir, la protosphère, a été formée par des scories silicatées, analogues à la scorie de la cornue Bessemer ou au laitier des hauts fourneaux. Les gneiss et les divers schistes cristallophylliens, qui les accompagnent, auraient été formés au-dessus de cette première écorce, à mesure que les vapeurs métalliques, existant dans l'atmosphère brûlante, particulièrement les vapeurs des sels alcalins, tels que les chlorures, iodures et fluorures, se condensaient et donnaient lieu à des réactions au contact de ces sels avec la croûte silicatée.

Ces données une fois admises, il semble que la théorie de la dérive des continents de M. A. Wegener ne puisse exister.

En effet, considérons un continent, tel que l'Amérique du Sud, détaché de la lithosphère et voguant, comme le veut M. Wegener, sur le magma fluide de la pyrosphère. Ce continent serait composé de haut en bas, d'une mince couche de dépôts marins ou d'eau douce (la stratosphère), puis de la masse gneissique dont il a été question plus haut, et enfin de la protosphère de première consolidation. Cette dernière aurait sensiblement la composition du magma de la pyrosphère dont elle provient, et ne tarderait pas à être digérée par la masse fondue et disparaître. Le contact du continent avec la masse fondue se ferait alors par la masse gneissique qui suit et qui est de beaucoup la partie principale du continent restant. Wegener admet que cette masse, qui fond à 1200° (température de fusion du granite), résistera à la température du magma fluide sans fondre : il faudrait pour

cela que la température de la pyrosphère ne dépassât pas 1200° et n'atteignît même pas cette température si l'on admet, avec Wegener, que la partie du continent qui plonge dans la partie fluide est 19 fois plus considérable que la partie qui se trouve au-dessus, à cause de la pression énorme à laquelle le bas de la partie plongée serait soumis, pression qui diminue la température de fusion. Ajoutons à cela que l'on admet généralement que le magma fluide de la pyrosphère est du péridot qui fond de 1400° à 1460°, température plus que suffisante pour digérer le gneiss. Il en sera de même de la partie supérieure du continent, appartenant à la stratosphère, dont la composition moyenne ne doit pas différer sensiblement de celle du gneiss dont elle provient par érosion. Ainsi donc notre continent, détaché de la lithosphère et plongeant librement dans le magma de la pyrosphère, ne saurait tarder à être digéré et disparaître.

Mais même si l'on admet, avec Wegener, que la partie gneissique du continent ne fonde pas, on se heurte à une autre difficulté aussi grave. En effet la lithosphère, d'après Wegener, était jadis concentrée en un continent unique, entouré par la mer, dont le fond était formé par le magma (de la pyrosphère), limité vers le haut par une mince pellicule solide. Or nous avons vu que ce magma avait formé toute la protosphère qui a continué à s'épaissir par-dessous, tandis qu'elle se chargeait par-dessus de tous les dégorgements de l'atmosphère. Si donc le magma solide forme le fond de la mer (ce que nous n'avons aucune difficulté à accepter à cause de l'augmentation de la pesanteur au-dessus des océans), son épaisseur est l'épaisseur même de la lithosphère sous la mer. Or les évaluations les plus faibles pour l'épaisseur de la lithosphère ne descendent pas au-dessous de 30^{km}. En déduisant l'épaisseur de la mer, pour avoir l'épaisseur du magma solide qui forme le lithosphère sous les océans, il reste encore une épaisseur de plus de 20^{km} de magma solide et non une simple pellicule comme le veut Wegener. Si donc un continent se détachait de la lithosphère, il serait bloqué par ce magma solide et épais comme un navire pris par les glaces, et toute dérive serait impossible.

Enfin je rappelle que M. Pierre Termier, dans son *Atlantide*, a donné des preuves très fortes de l'existence d'un continent qui aurait occupé une partie de l'Océan Atlantique : ce continent se serait effondré dans le magma fluide de la pyrosphère, où il aurait été digéré, sans qu'aucune trace ait subsisté. J'ai confirmé ces vues ici-même (¹) en montrant que les

(¹) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 47.

continents, qui entourent l'emplacement présumé de l'Atlantide, se sont affaissés vers les profondeurs où cette dernière s'est abîmée : j'ai prouvé encore qu'une régression considérable de la mer a marché de pair avec cet affaissement, indice infaillible d'un effondrement grandiose. Ainsi est encore démontré que l'Amérique ne s'est pas détachée de l'Europe et de l'Afrique.

Les continents ne flottent donc pas; ils forment un tout avec la lithosphère, qui se maintient par sa cohésion au-dessus de la pyrosphère, et toutes les fois que cette cohésion est rompue, l'irruption de la masse magmatique, qui occupe les vides formés, rétablit en se figeant la solidité de l'ensemble.

GÉOLOGIE. — *Les principaux résultats géologiques et lithologiques de la mission de délimitation Ouadaï-Darfour.* Note (1) de MM. **M.-E. Denaeyer** et **Carrier.**

Sous le commandement du lieutenant-colonel Grossard (2) la mission a parcouru un vaste territoire compris entre les parallèles 5° et 19°30′ et les méridiens 22° et 27° 30′ à l'est de Greenwich. Au Nord s'étendent les formations gréseuses horizontales du désert de Lybie, de l'Erdi-ma et de l'Ennedi où M. Fritel et l'un de nous avons signalé la présence de fossiles siluriens (3), dévoniens et carbonifères (4). Il résulte de la position relative de ces vestiges que l'on peut *provisoirement* faire passer la limite du Carbonifère par la guelta de Ouara (L. 17°15′, M. 23°20′). Lithologiquement, ces grès ont déjà été décrits par MM. Lacroix et Tilho (5).

Ce complexe sédimentaire repose par l'intermédiaire de grès grossiers et de poudingues sur des schistes cristallins plissés et arasés (Saharides) qui, mis à nu par l'érosion, forment une immense pénéplaine que la mission a suivi depuis Am Djeress (L. 16°) jusqu'au point de rencontre des trois frontières anglo-franco-belge.

Les schistes cristallins y sont représentés par des gneiss, des amphibolites et surtout des micaschistes. Ces derniers peuvent passer à des quartzites micacés formant des crêtes en saillie qui donnent naissance à des ali-

(1) Séance du 24 mars 1924.

(2) *Bull. Com. Afr. Fr.*, janvier 1924, p. 15-17.

(3) *Arthrophycus Harlani* (*Harlania*) (Voir *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, séance du 18 février 1924, p. 33 et 34).

(4) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 505.

(5) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 168.

gnements subméridiens. Ceux-ci déterminent l'allure générale du plissement. Cette roche prend parfois une extension considérable (massifs de Gourgnes, de Mongororo) et forme à elle seule la région montagneuse du Tinga qui s'étend entre les parallèles 8°30′ et 9°30′.

Le substratum cristallin supporte à partir d'Adré (L. 13°20′, M. 22°10′) de nombreux témoins gréseux dont l'ensemble (grès argileux du Massalit) a été attribué au Crétacé supérieur par le capitaine Arnaud ([1]). Cet officier se base sur d'incertaines analogies lithologiques et ne cite aucun fossile. Nous ne pouvons partager sa manière de voir. Il reconnaît d'ailleurs que ces grès reposent directement sur les schistes cristallins. Aussi, jusqu'à plus ample informé, convient-il de les faire rentrer dans la série compréhensive définie plus haut et de les considérer comme un prolongement des assises de l'Ennedi.

De nombreux accidents éruptifs anciens rompent la monotonie de la pénéplaine. Ils forment des massifs intrusifs de granite et de microgranite alcalins accompagnés de filons de pegmatite et de dissogénite alcaline (Djebel Tilei). Ces intrusions ne sont pas toujours de nature granitique : c'est d'abord le massif situé au sud-est de Tiné (L. 15°, M. 23°) qui a fourni une syénite néphélinifère très riche en ægyrine; le fond de la roche est formé d'albite. Elle contient de plus de la *torendrikite*, amphibole ferricomagnésienne, qui n'était connue jusqu'à présent qu'à Madagascar ([2]). Cette syénite ([3]) est accompagnée de microgranite alcalin à micropegmatite et de micromonzonite à pigeonite. Entre les 11e et 12e parallèles on rencontre l'important massif de Todou-Yaré. Le microgranite alcalin à microcline (avec ou sans allanite) y coexiste avec la microdiorite. Enfin, à l'est-nord-est de Mongororo, un peu au nord du 12e parallèle, on a noté une intrusion de monzonite quartzifère à biotite.

Au point de vue de la teneur en soude, ou plutôt du rapport des alcalis à la chaux feldspathisable, ces divers types, dont la microdiorite et la syénite forment les extrêmes, semblent osciller autour du granite alcalin ordinaire de type $I.\frac{3}{4}.1.\frac{3}{4}$. Ainsi le Ouadaï, dont le caractère alcalin avait été réservé ([4]), rentre à son tour dans la province pétrographique du Tchad.

([1]) *La Dépêche coloniale illustrée*, 15 août 1912, p. 181.

([2]) A. Lacroix, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 594.

([3]) Roche à faciès très différent de la syénite à amphiboles sodiques de Melfi (voir H. Freydenberg, *Le Tchad et le bassin de Chari*. Thèse, Paris, 1908, p. 180-184).

([4]) R. Chudeau, *La Géographie*, t. 30, 1915, p. 293, note infrapaginale 1. — M.-E Denaeyer, *Les roches alcalines du Sahara central* (*C. R. Congrès Soc. sav.*, Paris, 1923).

La mise en place de ces roches intrusives est probablement antérieure, dans l'ensemble, au plissement des schistes cristallins. Les actions mécaniques ont dû les affecter particulièrement dans les zones de charriage. Tel a sans doute été le cas de la région de Toumtouma où l'on a déjà signalé la présence de granite et de microgranite écrasés ([1]), roches qui forment la montagne du Koudri et la crête qui protège le poste de Toumtouma. Ce massif est situé vers le centre d'un arc de plis qui s'inscrivent très nettement sur le terrain grâce aux crêtes de quartzite qui prennent en cet endroit une importance notable. De plus, cet ensemble tectonique se trouve, y compris les grès qu'il supporte vers le Sud (Adrè), à un niveau inférieur à celui de la pénéplaine cristalline (région de N'dia-Faura) dont on aperçoit la falaise qui domine à l'est la vallée de l'Oued Azounga. Cet accident topographique est peut-être dû à une faille verticale, postérieure au dépôt des grès, qui aurait fait jouer deux compartiments voisins. Nous proposons cette hypothèse en attendant de futures observations de détail.

Au sud du 11e parallèle, une vaste plaine sablonneuse que l'on considère comme étant d'origine éolienne ([2]), la région des Goz, sépare la zone cristalline dont il vient d'être question d'avec une autre de constitution toute semblable mais où la latérite est très développée.

Des roches volcaniques récentes, à faciès basaltique, se rencontrent çà et là formant des coulées qui se sont épanchées à la surface de la couverture des grès, là où elle existe. Elles appartiennent au même magma que les laves de l'Emi Koussi (Tibesti) ([3]) : ce sont des basanitoïdes ou des passages de ce type au balsate (Karou-Denikari, Kapterko, Orba, Oued Amsoul, Abou-Assel).

La mission a encore recueilli en longeant le flanc nord du Djebel Marra une roche de la même espèce ainsi qu'un trachyte ægyrinique néphélinifère renfermant diverses amphiboles. Le Djebel Marra a déjà été étudié par M. Campbell Smith ([4]), mais cet auteur n'y a pas signalé ces deux derniers types. Ce groupe volcanique semble avoir eu la même évolution que l'Emi Koussi. Nous nous bornons à donner ici les paramètres magmatiques résultant de l'analyse de quelques-uns de ces basanitoïdes :

Emi Koussi, III.'6.3.'4.; Orba, III.5(6).(2)3.4;
Abou Assel, III.6.3.4; Djebel Marra, III.6.3.4.

([1]) Dr E. Jamot, *Contribution à l'étude géologique du Ouadaï* (*C. R. Congrès Soc. sav.*, 1914; Paris, 1915, p. 125).

([2]) R. Chudeau, *loc. cit.*, p. 294.

([3]) A. Lacroix, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 402.

([4]) *Geological Magazine*, vol. 58, 1921, p. 206-215.

ACTINOMÉTRIE. — *Sur un pyrhéliomètre thermo-électrique à lecture directe ou enregistreur.* Note (¹) de M. **Ladislas Gorczynski**, présentée par M. Bigourdan.

Dans le pyrhéliomètre électrique construit à Upsala par A. Angström, et utilisé depuis longtemps, la radiation solaire provoque un faible courant thermo-électrique, constaté au moyen d'un galvanomètre sensible. Cet effet du rayonnement solaire est compensé ensuite par un courant introduit exprès et mesuré au moyen d'un milliampèremètre.

Pour éviter certaines difficultés de la méthode de compensation d'Angström, laquelle se prête difficilement à l'enregistrement, j'ai cherché à mesurer directement le courant thermo-électrique produit par le rayonnement solaire. On arrive à combiner un appareil très simple à lecture directe et enregistreur, en employant la pile thermo-électrique de M. Moll, et le millivoltmètre enregistreur Richard.

La pile Moll se compose de 80 thermo-éléments (manganine et constantan), groupés sur une surface circulaire de 2^{cm} de diamètre environ. Elle a une résistance de 45 ohms et la radiation d'une bougie à 1^{m} de distance produit un courant allant jusqu'à 90 microvolts.

La pile précédente est non seulement forte et sensible, mais, ce qui la distingue tout particulièrement des divers thermo-éléments employés jusqu'ici, elle réagit presque instantanément (avec un retard de moins 2 secondes en tout cas).

En combinant cette pile thermo-électrique, protégée par une lame de fluorine, ou de sel gemme, et munie d'un dispositif spécial permettant aux rayons solaires de tomber perpendiculairement, avec un bon millivoltmètre on obtient un appareil extrêmement simple et commode, pour les mesures directes de l'intensité du rayonnement solaire.

En prenant un héliostat ou tout simplement une monture équatoriale et en utilisant le millivoltmètre indiqué plus haut (²), on obtient facilement une courbe de l'intensité du rayonnement solaire, sur un diagramme qui peut être gradué directement en grammes-calories par centimétre carré et minute.

(¹) Séance du 24 mars 1924.

(²) J'ai fait construire le millivoltmètre enregistreur avec deux sensibilités (jusqu'à 5 et 50 millivolts) et avec deux mouvements d'horlogerie, l'un de 52 minutes, l'autre de 13 heures.

D'autre part, en prenant divers filtres (par exemple le verre de « marbre d'Utrecht » pour l'infrârouge, le verre rouge d'Iéna pour les rayons rouges et infrârouges, le filtre jaune liquide au bichromate de potassium etc.), on peut mesurer les valeurs non seulement de l'intensité totale, mais aussi les intensités partielles dans les différentes parties du spectre. Les filtres peuvent être arrangés de façon à pouvoir être basculés et mis devant l'ouverture de la pile thermo-électrique après la lecture de l'intensité totale.

Cet appareil pourrait être classé parmi des pyrhéliomètres, puisqu'il est susceptible d'être étalonné directement en valeur absolue. Mais en possédant déjà un autre pyrhéliomètre bien étalonné (du système d'Abbot ou d'Angström par exemple), on peut facilement obtenir les coefficients du nouvel appareil par comparaisons directes faites dans les mêmes conditions.

Avec cet instrument, je citerai, à titre d'exemple, la valeur de 20 millivolts (correspondant à 0,55 g-cal : cm² et min. d'après les mesures simultanées faites avec un actinomètre bimétallique de Michelson), que j'ai obtenue le 7 janvier 1924 à Dijon (Faculté des Sciences), avant midi, pour la distance zénithale du Soleil 72°.

D'autre part, j'ai mesuré à Alger (Service Météorologique), le 29 décembre 1923, pour la distance zénithale du Soleil voisine de 60°, la valeur de 40 millivolts, correspondant à l'intensité de 1,1 g-cal environ.

L'intensité partielle transmise par le verre de « marbre d'Utrecht », d'épaisseur $7^{mm},3$ (qui, opaque pour les rayons visibles, laisse passer plus de 70 pour 100 de l'infrârouge entre 1,3 et 2,3 μ) ne dépassait pas, dans les mêmes conditions à Alger, en général 15 pour 100 de l'intensité générale.

Le nouvel appareil thermo-électrique sera utilisé régulièrement et comparé avec les autres actinomètres et pyrhéliomètres connus pendant la campagne que je viens de commencer en Algérie et dans les montagnes du Sahara.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Mesures magnétiques dans le Bassin de Paris.* Note de **M. L. Eblé**, transmise par M. Daniel Berthelot.

Nous n'avons pu effectuer en 1923 qu'une série de 26 mesures magnétiques; 15 stations sont situées dans le département de l'Yonne, qui se trouve ainsi étudié d'une façon suffisante, les 11 autres complètent le réseau du Bassin de Paris qui comprenait déjà 81 stations visitées en 1921 et 1922([1]).

([1]) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 494, et t. 176, 1923, p. 1638.

Le tableau suivant donne les valeurs des éléments, réduites à la même date, 1er janvier 1922, que précédemment; 13 stations dont les noms sont en *italiques* sont nouvelles, les 13 autres appartiennent à l'ancien réseau de Moureaux.

Valeurs des éléments magnétiques au 1er janvier 1922.

Nos d'ordre.	Stations et Départements.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
		° ′	° ′		
26	*Aulnay-sous-Bois* (Seine-et-Oise)	12. 7,0	64.33,9	0,19691	peu agitée
15	Auxerre (Yonne)	11.26,5	63.36,8	0,20211	calme
12	Avallon (Yonne)	11.17,6	63.21,5	0,20397	peu agitée
18	*Charny* (Yonne)	11,45,4	63.50,4	0,20144	peu agitée
20	*Château-Landon* (Seine et-Marne)	12. 2,3	64. 7,5	0,19985	presque calme
19	*Châteaurenard* (Loiret)	12. 0,3	63.47,4	0,20093	presque calme
23	Epernon (Eure-et-Loir)	12.12,7	64.30,7	0,19804	presque calme
21	Les Essarts-le-Roi (Seine-et-Oise)	12.31,8	64.38,8	0,19707	presque calme
5	Joigny (Yonne)	11.31,3	63.52,8	0,20159	presque calme
22	Nogent-le-Roi (Eure-et-Loir)	12.17,9	64.30,9	0,19762	calme
25	*Noyon* (Oise)	11.52,9	65. 4,7	0,19421	presque calme
11	Nuits-sous-Ravières (Yonne)	»	63.32,5	0,20306	agitée
8	*Pont sur-Yonne* (Yonne)	11.43,6	64. 8,3	0,20004	calme
2	La Queue-en-Brie (Seine-et-Oise)	12. 2,6	64.31,9	0,19751	presque calme
24	*Ressons-sur-Matz* (Oise)	12. 5,0	65. 7,9	0,19349	calme
16	*Saint-Fargeau* (Yonne)	11.52,8	63.38,1	0,20259	presque calme
9	*Saint-Florentin* (Yonne)	11.13,8	63.48,6	0,20194	presque calme
7	Sens (Yonne)	11.35,2	64. 0,3	0,20068	calme
10	Tonnerre (Yonne)	12.13,2	63.38,0	0,20264	calme
17	*Toucy* (Yonne)	11.31,9	63.40,4	0,20259	presque calme
3	Trappes (Seine-et-Oise)	12.37,9	64.38,1	0,19670	calme
14	*Vermenton* (Yonne)	11.19,1	63.34,9	0,20308	presque calme
13	*Vézelay* (Yonne)	11.20,0	63.22,7	0,20402	peu agitée
1	Villecresnes (Seine-et-Oise)	12. 6,5	64.30,6	0,19741	calme
6	Villeneuve-l'Archevêque (Yonne)	11.27,2	64. 6,0	0,20045	calme
4	*Villeneuve-sur-Yonne* (Yonne)	11.35,6	63.59,1	0,20086	presque calme

Ces mesures ne nous apprennent rien de nouveau sur les variations séculaires entre 1898 et 1922 : celles-ci s'écartent peu de celles qu'on a observées à la station de base du Val-Joyeux durant la même période :

$$\Delta D = -2^\circ 58', \quad \Delta I = -0^\circ 32', \quad \Delta H = +0,0015.$$

Dans le département de l'Yonne, elles atteignent les valeurs moyennes :

$$\Delta D = -3^\circ 1', \quad \Delta I = -0^\circ 33', \quad \Delta H = +0,00155.$$

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la composition chimique de la Clandestine.* Note de M. A. GORIS, présentée par M. Guignard.

Le *Lathrea clandestina* L., plante parasite des essences forestières de notre pays, avait autrefois la réputation de rendre féconde les femmes stériles et était employé clandestinement, pour cet usage, par les gens riches désireux d'avoir des enfants.

La composition chimique de cette plante est peu connue. On y a signalé la présence des ferments: émulsine ([1]) et oxydase ([2]), et d'un corps spécial peu étudié au point de vue chimique, la *clandestinine* ([3]).

Ayant rencontré fréquemment cette plante au cours d'excursions dans les Pyrénées, nous en avons récolté une petite quantité en vue d'un essai préliminaire. Ce sont les premiers résultats de ces recherches que nous consignons aujourd'hui, nous proposant de reprendre cette étude l'été prochain et de l'étendre aux autres Orobanchées.

Nous avons récolté environ 1^{kg} de ce *Lathrea* que nous avons séparé en deux parties: une souterraine complètement blanche, l'autre aérienne de couleur rouge violet. C'est du traitement de cette dernière partie qu'il sera fait mention aujourd'hui, l'étude de la partie souterraine nous ayant montré au point de vue biochimique des faits que nous désirons contrôler.

La plante est stérilisée, puis épuisée à l'alcool bouillant en présence de carbonate de calcium. L'alcool est distillé jusqu'à obtention d'un liquide sirupeux que l'on dilue dans un peu d'eau. On épuise alors la solution aqueuse à l'éther à plusieurs reprises. Les solutions éthérées de lavage réunies sont séchées sur le sulfate de soude, puis distillées à sec.

On obtient ainsi un produit huileux jaunâtre qui, au bout de quelques jours, présente dans sa masse de nombreux amas cristallins. On le reprend par l'eau bouillante. Par refroidissement, on obtient des cristaux blancs qui, après purification, fondent à 121° et sont caractérisés comme étant de l'acide benzoïque, par la formation d'éther benzoïque et la transformation en acide salicylique par oxydation.

Dans la solution aqueuse lavée à l'éther, on recherche la présence d'un

---

([1]) BONDOUY, *Sur la présence de l'émulsine dans le* Lathrea squammaria (*C. R. Soc. Biol.*, t. 58, 1905, p. 136).

([2]) BACH et CHODAT, *Untersuchungen über Rolle der Peroxyde in der Chem. der lebenden Zelle* (*Ber. chem. Gesell.*, t. 35, 1902, p. 2466).

([3]) HARTSEN, *Beitrage zur organischen Chemie* (*Chem. Centralbl.*, 1872, p. 524).

glucoside par le traitement à l'invertine et l'émulsine suivant les conditions habituelles.

Les examens sont rendus difficiles par la coloration noire intense du liquide que la précipitation à l'acétate de plomb n'arrive pas à décolorer complètement.

Dans ces conditions, il nous a paru plus rationnel d'effectuer les réactions biochimiques sur un produit d'extraction devant contenir le glucoside, si toutefois il en existait un dans la plante.

La solution aqueuse distillée dans le vide, sous pression réduite, a donné un extrait mou que l'on a repris plusieurs fois par l'alcool à 95° à chaud. Les solutions alcooliques sont concentrées à nouveau et l'extrait alcoolique épuisé par l'éther acétique bouillant.

La solution d'éther acétique laisse déposer à la longue une masse sirupeuse. L'éther qui surnage est limpide. On l'évapore à très basse température, puis dans le vide. Ce premier extrait est alors repris à froid par une petite quantité d'éther acétique anhydre. Le produit se dissout presque intégralement. On le filtre et on l'évapore à nouveau. L'extrait est finalement redissous dans l'eau et c'est sur ce liquide aqueux que l'on fait les réactions biochimiques fermentaires.

L'ébullition, avec quelques gouttes de HCl, colore le liquide en bleu et donne par la suite un dépôt bleu plus ou moins foncé.

L'invertine n'a aucune action, ce qui s'explique d'ailleurs, le saccharose n'ayant pu se dissoudre dans ces conditions.

L'émulsine agit très nettement; au bout de 12 heures, le liquide devient vert, puis après 24 heures la coloration verte se teinte d'un peu de rouge violacé et finalement, suivant la quantité de glucoside contenue dans la solution, la coloration est violet verdâtre ou franchement bleu violet.

Cette réaction pouvait faire penser à un glucoside analogue à la *monotropéine* ou à la *méliatine*. Le mode d'extraction semble indiquer que c'est plutôt vers le second glucoside que l'on doit chercher, puisque la monotropéine est insoluble ou peu soluble dans l'éther acétique.

Dans un premier essai, où nous avions fait la décoloration par le réactif de Patein, nous avions trouvé comme indice de réduction enzymolytique 278 (celui de la méliatine est 240, celui de la monotropéine est beaucoup plus élevé).

Un second essai, fait cette fois avec une solution moins concentrée et décolorée par le sous-acétate de plomb, nous a donné un indice de 244.

Rotation du liquide avant action de l'émulsine..........	—0°36′
Rotation du liquide après action de l'émulsine..........	+0°18′
Sucre formé pour 100$^{cm^3}$ (évalué en glucose)............	0^g,220

Le glucoside du *Lathrea clandestina* L. est très vraisemblablement la méliatine et nous nous proposons de compléter l'étude chimique de cette plante cette année.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Migration hivernale de l'inuline des tubercules aériens chez le Topinambour.* Note de M. LUCIEN DANIEL, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Dans des recherches antérieures, j'ai montré que la tuberculisation du Topinambour greffé avec le Soleil annuel ne dépend pas exclusivement de celui-ci, mais est fonction de divers facteurs parmi lesquels figure le déplacement accidentel d'une partie des réserves de l'ancien tubercule quand elles ne sont pas en entier utilisées pour le développement des parties nouvelles. La possibilité d'un tel transport ayant été contestée, j'ai cherché à en démontrer expérimentalement l'existence. L'an dernier, j'ai greffé dans ce but des Soleils sur des Topinambours élevés dans des pots. Avant que les réserves apparaissent dans l'appareil aérien, j'ai arraché ces greffes et trouvé sur l'ancien tubercule de l'une d'elles un jeune tubercule en formation, porté par un rhizome de 5^{cm} de long.

Bien que ce résultat soit démonstratif, j'ai tenu à le contrôler par une autre méthode. Pour cela, je me suis servi des tubercules aériens des Topinambours décrits et figurés dans une précédente Note [1]. En novembre 1923, j'ai fait deux lots de ces tubercules. Le premier comprenait des tubercules aériens séparés tous de la tige mère et disposés sur un même plan dans du sable légèrement humide. Le second était formé par des tubercules aériens laissés sur des tronçons de tige de longueurs diverses : les uns n'avaient qu'un seul nœud et deux tubercules opposés; les autres possédaient deux nœuds et quatre tubercules superposés deux par deux. Les tronçons furent placés horizontalement dans le sable à des profondeurs différentes et les tubercules disposés dans des directions variées par rapport à la verticale.

Le 15 mars 1924, j'ai constaté que les tubercules du premier lot avaient

(1) LUCIEN DANIEL, *Hérédité d'un caractère acquis par greffe chez le Topinambour* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 449).

conservé leur volume et leur couleur et qu'ils étaient tous au même état de végétation. Les tubercules du deuxième lot s'étaient au contraire comportés

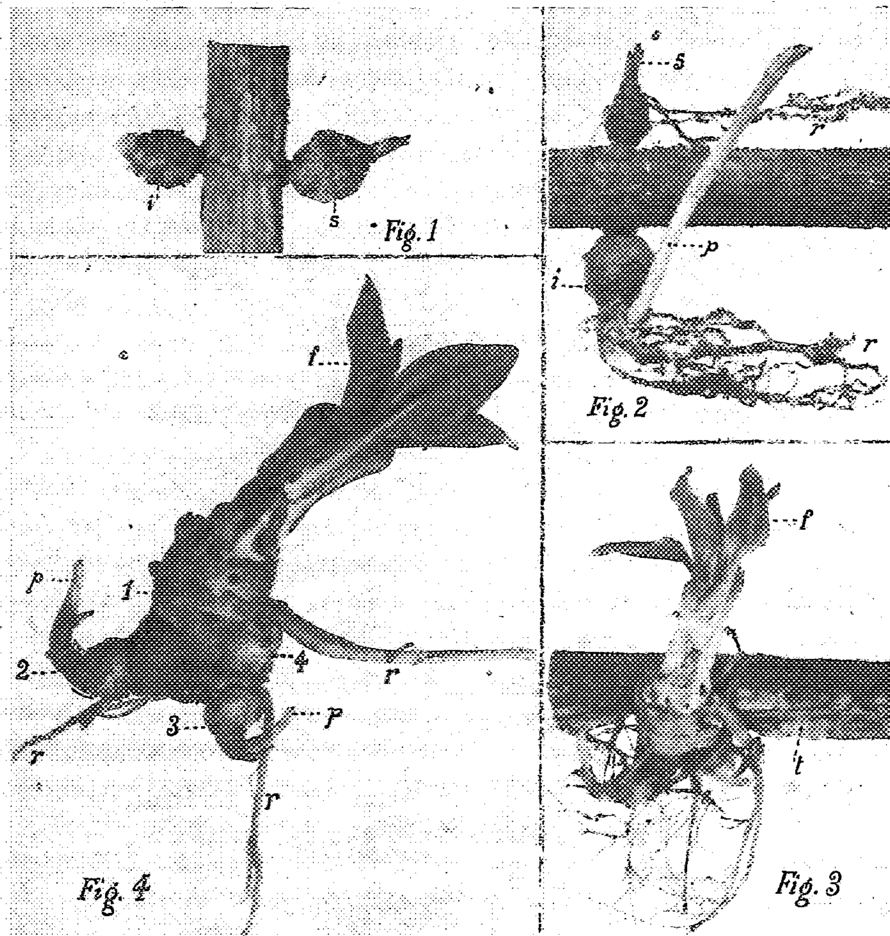


Fig. 1. — Les deux tubercules aériens *i* et *s*, placés horizontalement dans le sable, ont un développement sensiblement égal (tronçon ayant un seul nœud).

Fig. 2. — Développement inégal de deux tubercules *i* et *s*, placés l'un au-dessus de l'autre (tronçon à un seul nœud); *p*, pousse; *r*, racine adventive.

Fig. 3. — Tige à deux nœuds dans laquelle trois tubercules aériens se sont vidés au profit du quatrième, mieux placé; *f*, rosette de feuilles; *t*, traînée blanche tuberculeuse.

Fig. 4. — Tubercule de la figure 3, grossi et séparé de la tige-support : 1, tubercule formé avant la mise dans le sable; 2, 3 et 4, tubercules de nouvelle formation avec leurs pousses *p*; *f*, rosette de feuilles; *r*, racines adventives.

de façons diverses. Ceux qui étaient portés par des tiges à un seul nœud et qui étaient situés sur un même plan rappelaient comme aspect les exem-

plaires du premier lot (*fig.* 1). Ceux d'entre eux qui avaient des tubercules superposés verticalement présentaient des différences notables : le plus développé de ceux-ci était celui qui se trouvait placé le plus près du niveau normal de tuberculisation du Topinambour (*fig.* 2). Quant aux tronçons portant quatre tubercules, on pouvait voir que, dans beaucoup de cas, les tubercules supérieurs s'étaient vidés au profit des inférieurs mieux placés par rapport à la direction des réserves qui, chez les tiges dressées, descendent vers le sol. Chez l'un des exemplaires, la base du tronçon était restée verte et portait un seul tubercule vivant qui avait repris la couleur blanche et avait proliféré en donnant naissance à trois jeunes tubercules faisant corps avec lui, mais moins avancés comme végétation (*fig.* 3 et 4). En outre, une traînée blanche, irrégulière, faisant saillie sur la tige sur une longueur de 7^{cm} à partir de l'insertion du tubercule et remontait vers le nœud supérieur; le transport des réserves avait été ainsi inscrit comme aurait pu le faire un appareil enregistreur.

Ces résultats montrent : 1° que le développement des tubercules aériens du Topinambour se fait dans le sol conformément à la loi du niveau établie par Royer; 2° que leurs réserves peuvent émigrer d'un tubercule dans un autre et contribuer à la formation de nouveaux organes de réserves pendant la vie hivernale.

BOTANIQUE. — *Premiers résultats de la séparation expérimentale en deux phyllorhizes d'embryons dicotylés.* Note de M. **André Dauphiné**, présentée par M. Molliard.

L'unité élémentaire qui entre dans la constitution des plantes vasculaires a été définie par Chauveaud[1] qui lui a donné le nom de *phyllorhize* et qui a montré que la manière dont se comportent les premières phillorhizes permet de diviser les plantes en deux groupes : les *unicotylées*, chez lesquelles les premières phillorhizes sont successives (Cryptogames vasculaires actuelles et Monocotylédones), et les *pluricotylées* chez lesquelles les premières phyllorhizes sont simultanées (Gymnospermes et Dicotylédones).

Au cours de recherches d'ontogénie expérimentale, j'ai été amené à

(1) G. Chauveaud, *La constitution des plantes vasculaires révélée par leur ontogénie* (Payot, Paris, 1921).

pratiquer la séparation des deux phyllorhizes qui constituent l'embryon d'un Dicotylédone et, en les cultivant séparément, j'ai pu suivre le développement de chacune de ces deux unités.

Plusieurs séries d'expériences ont été faites avec des embryons de Lupin (*Lupinus albus*), de Chardon bénit (*Cnicus benedictus*) et de Soleil (*Helianthus annuus*). Après avoir été amollis par un séjour de 24 heures dans l'eau, les embryons sont extraits des téguments et sectionnés longitudinalement avec une lame très mince, aussi exactement que possible, suivant le plan d'union des deux phyllorhizes.

Chacune des deux moitiés ainsi obtenues constitue une phyllorhize complète. En effet, la *phylle* comprend une *feuille* (cotylédon) et une *caule* (moitié de l'hypocotyle); la moitié de la radicule constitue la *rhize* correspondant à cette phylle. Le *massif initial* qui, dans l'embryon normal, était commun aux deux premières phyllorhizes et occupait une position axiale a été séparé en deux moitiés dont chacune occupe une position latérale sur la face interne de chacune des deux phylles.

Après leur séparation, les demi-embryons ont été cultivés soit sur mousse humide, soit en terre. Malgré le traumatisme profond dont ils ont été affectés, leur développement suit de très près celui d'embryons témoins; le pourcentage des germinations est tout à fait comparable à celui des graines normales, surtout quand les précautions d'aseptie permettent d'éliminer l'action des moisissures ou des bactéries. La présente Note est destinée à faire connaître les caractères extérieurs et généraux des plantules ainsi obtenues, leur description détaillée et surtout les modifications de leur structure devant faire l'objet de publications ultérieures.

Comme conséquences directes du traumatisme, je mentionnerai seulement une diminution sensible dans l'allongement des caules et de la portion sectionnée des rhizes, ainsi que leur incurvation sur la face lésée, incurvation qui peut aller jusqu'à un enroulement hélicoïdal de la base des plantules.

La partie terminale de la première phylle (cotylédon) se développe normalement. Les phylles suivantes se comportent différemment suivant leur position par rapport au plan d'union des deux premières et suivant le degré de différenciation qu'elles présentaient sur les flancs du massif initial au moment où a été opéré le sectionnement. La deuxième paire de phylles est placée en croix avec les Cotylédons et présentait une ébauche de différenciation assez avancée chez le Lupin, moindre chez le Chardon bénit et le Soleil; dans ces conditions, deux demi-phylles se développent sur chaque plantule. C'est ainsi que dans le Lupin, dont les feuilles sont composées-palmées,

chacune des demi-feuilles de la deuxième paire de phylles ne possède qu'une partie du nombre normal de folioles.

Dans l'embryon du Lupin, la troisième paire de phylles était ébauchée sur les flancs du massif initial et chacune d'elles était sur le prolongement d'une des deux premières phylles : chacune des demi-plantules possède donc à ce niveau une phylle unique, mais entière, qui se développe normalement et sur laquelle la portion correspondante du massif initial conserve une position latérale. Si la quatrième paire de phylles est ébauchée dans l'embryon, ce qui arrive quelquefois, elle se comporte comme la deuxième à laquelle elle est superposée et donne deux demi-phylles sur chaque plantule. Les phylles qui naissent ensuite aux dépens du massif initial se développent normalement et la symétrie axiale se rétablit rapidement dans la partie supérieure de chaque plantule. Chez le Chardon bénit et le Soleil, l'embryon est moins différencié que chez le Lupin et la symétrie normale tend à se rétablir dès le développement de la troisième paire de phylles.

En ce qui concerne les rhizes, ou demi-racines, celles de l'embryon volumineux du Lupin sont capables de reconstituer rapidement un point végétatif terminal et de poursuivre leur accroissement; les radicules beaucoup plus délicates du Chardon bénit et du Soleil ne résistent généralement pas au traumatisme et sont remplacées par des radicelles.

En résumé, la section longitudinale, suivant le plan d'union des deux premières phyllorhizes, d'un embryon de Dicotylédone permet de séparer deux demi-embryons dont chacun possède toutes les parties d'une phyllorhize, et chacune de ces parties est capable de se développer ultérieurement. Chacun des demi-embryons est morphologiquement comparable à la première phyllorhyze d'une plante unicotylée; la portion du massif initial qui lui correspond est en effet située latéralement sur la face interne de la phylle et se transforme progressivement en un bourgeon terminal, de même que le massif initial d'abord latéral d'une plante unicotylée devient progressivement un bourgeon terminal [1].

---

[1] G. CHAUVEAUD, *loc cit*, p. 56.

PHYSIOLOGIE. — *Recherches sur les fonctions des capillaires sanguins.* Note de M. **A.-C. Guillaume**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans une précédente Note (¹), j'ai montré que le passage du sang dans les capillaires n'est pas un phénomène continu, mais, bien au contraire, est un phénomène intermittent.

Une semblable constatation doit modifier les conceptions admises quant à la capacité du système capillaire, cette capacité est, en effet, variable, et varie dans d'importantes proportions suivant les conditions physiologiques et pathologiques.

Ces variations dans la capacité du réseau capillaire nécessitent, évidemment, l'intervention d'un mécanisme régulateur capable d'adapter, d'une part le volume de la masse sanguine, d'autre part la capacité des autres segments de l'appareil circulatoire, aux conditions nouvelles ainsi créées.

Les phénomènes d'adaptation peuvent être de deux ordres différents :

1° *Adaptation par modification du volume de la masse sanguine ;*

2° *Adaptation par modification de la capacité des vaisseaux situés de part et d'autre du système capillaire.*

I. *Adaptation par modifications du volume de la masse sanguine.* — C'est là une hypothèse qu'il importe tout d'abord de discuter ; pour curieux que cela paraisse, il existe en effet un processus de modification rapide du volume de la masse sanguine. J'en ai, voici trois ans, signalé l'existence (²).

Considérant l'élément volume d'une certaine quantité de sang prélevé par ponction, on voit, en effet, que le volume occupé dans le sang total par chacun de ses deux éléments constituants (le plasma, les éléments figurés) est, normalement, la moitié du volume total du sang prélevé. En d'autres termes, le volume du plasma est égal au volume occupé par les éléments figurés :

$$\frac{\text{volume du plasma}}{\text{volume total du sang}} = \frac{\text{volume éléments figurés}}{\text{volume total du sang}} = \frac{1}{2}.$$

Dans certaines conditions pathologiques cette formule se modifie rapi-

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 898.

(²) Voir A.-C. Guillaume, *Les occlusions aiguës et subaiguës de l'intestin*, p. 267 (1 vol., Masson, Paris).

s'abaissent la tension minima artérielle et le volume des urines excrétées, on voit la formule $\frac{\text{volume plasma}}{\text{volume sang total}}$ s'abaisser et passer du chiffre $\frac{1}{2}$ à des chiffres qui sont $\frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{6}$; le volume du plasma ne représentant plus alors que le $\frac{1}{6}$ du volume total du sang, les $\frac{5}{6}$ étant représentés par les éléments figurés : *le sang se concentre donc par évasion de son plasma.*

Par la mise en œuvre d'une thérapeutique appropriée on voit, en un temps très court (1 à 2 heures environ), que la formule se modifie et, la quantité de plasma augmentant, revenir à la normale ($\frac{1}{2}$), la dépasser même pour atteindre $\frac{2}{3}$ et $\frac{3}{4}$, du sang total; en même temps la tension artérielle s'élève et la diurèse devient abondante.

Il semble donc que, dans certaines conditions, le plasma soit à même de quitter le sang, qu'il s'emmagasine alors dans certains tissus et fait ultérieurement retour à la masse sanguine, les conditions s'étant modifiées : *il semble, en d'autres termes, que le sang est à même de transsuder son plasma au travers des parois capillaires pour le reprendre ultérieurement.*

Les autopsies et les examens pratiqués chez les shockés semblent indiquer que cette transsudation a pour effet de produire les œdèmes observés dans ces cas.

Toutefois, ce mécanisme ne semble pas s'appliquer au cas qui nous occupe : l'abaissement de la tension artérielle et du taux de la diurèse, phénomènes concomitants des états de réduction du volume plasmatique, sont, en effet, des états inverses de ceux que l'on observe quand se produit une réduction de la capacité du réseau capillaire.

II. *Adaptation par modifications de la capacité des vaisseaux situés de part et d'autre du réseau capillaire.* — Deux ordres différents de mécanismes peuvent participer à cette adaptation :

a. Balancement, ou adaptation compensatrice d'autres réseaux capillaires;

b. Réplétion du sang dans les segments élastiques situés en amont du réseau capillaire, c'est-à-dire dans les troncs artériels.

Il est vraisemblable que l'un comme l'autre mécanisme intervient; la réplétion dans les secteurs viscéraux admettant, par balancement entre les circulations superficielle et profonde, une partie de la surcharge sanguine; la réplétion dans les troncs artériels élastiques réalisant, pour une autre part, cette adaptation, puisque la tension artérielle minima s'élève notablement dans tous les états de réduction de la circulation capillaire dement; dans les états de shock, par exemple, en même temps que

périphérique et que, en même temps, la tension veineuse s'abaisse, comme aussi la tension capillaire.

On trouve, semble-t-il, dans ce mécanisme, l'explication des accidents dits de congestion provoqués par le froid : sous l'influence de la réduction de capacité du réseau capillaire périphérique, la tension artérielle s'élève alors que la circulation profonde est déjà, pour les mêmes raisons, surchargée ; les vaisseaux dépourvus de vaso-moteurs ou pourvus seulement de vaso-moteurs plus faibles que ceux des autres vaisseaux (tels les petits vaisseaux du poumon ou de l'encéphale) subissent de ce fait un terrible coup de pression et de graves désordres tissulaires en résultent.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur un nouveau mécanisme de processus d'oxydation-réduction s'apparentant aux processus biochimiques.* Note (1) de MM. **Pierre Girard** et **Marcel Platard**, présentée par M. Jean Perrin.

S'il est vrai que nous pouvons reproduire *in vitro* la plupart des corps élaborés par la vie, nous n'y parvenons en revanche qu'en faisant intervenir des températures, des radiations ou des agents chimiques sûrement mortels pour les tissus. La nécessité d'imaginer des schèmes qui rendent compte du mécanisme anormal des faits biochimiques nous conduit à l'étude *in vitro* de processus qui s'y apparentent par leur anomalie et soulèvent les mêmes difficultés d'interprétation. L'un des plus anciennement connus fut découvert par César Becquerel (1867). Bien que d'autres exemples que nous fûmes conduits à prévoir soient davantage par leur modalité chimique à l'image de la chimie de la vie, nous commencerons par rappeler succinctement le phénomène de Becquerel.

Soit un septum en parchemin séparant une solution de $CuCl^2$ d'une solution de Na^2S ; dans l'épaisseur du septum se constitue d'abord un dépôt de CuS ; puis du côté de la solution cuivrique apparaît du cuivre métallique adhérent à la paroi, du Cu^2Cl^2 et du soufre amorphe. Du côté de la solution sulfurée apparaît un polysulfure Na^2S^4. L'expérience se fait à 15°. Or les seuls produits prévisibles de la réaction de $CuCl^2$ sur Na^2S si lente et ménagée soit-elle sont $NaCl$ et CuS (ce dernier n'apparaissait même pas d'ailleurs dans les expériences de Becquerel où les échanges s'effectuaient à travers des fentes très capillaires pratiquées dans l'épaisseur de parois de tubes à essai).

(1) Séance du 24 mars 1924.

Bien entendu la modalité chimique est ici très différente de celle des processus biochimiques; mais la difficulté est de même sorte : étant données la température et la constitution chimique des milieux en présence notre connaissance pratique des affinités ne fait nullement prévoir les réactions qui s'y effectuent.

Très rapidement l'analyse nous révéla que le facteur déterminant du phénomène de Becquerel réside dans la propriété de la paroi séparant les deux milieux d'être inégalement perméable aux ions de ces milieux. Imperméables aux ions Cu^{++} cette paroi laisse diffuser très aisément les ions Cl^- vers la solution sulfurée; inversement il ne passe pas d'ions S^{--} vers la solution du chlorure; le soufre qu'on y dose étant, comme nous le disions à l'instant à l'état de soufre amorphe. On note, en outre, une faible variation du Ph de la solution cuivrique et l'absence de $Cu(OH)^2$. Ainsi, s'il n'intervenait pas de mécanisme compensateur la perméabilité ionique sélective du septum aurait pour effet de faire apparaître un excès d'anions dans la solution sulfurée, un excès de cations dans la solution cuivrique. Un tel déséquilibre électrostratique étant impossible le mécanisme compensateur qui intervient se révèle à nous sans aucune hypothèse : l'apparition de S neutre et de Na^2S^4 témoignent qu'une fraction des anions S^{--} perdent des électrons périphériques; ces électrons nous les retrouverons sur les cations Cu^{++} qui passent soit à l'état de cuivre monovalent figurant dans la molécule de Cu^2Cl^2, soit à l'état de cuivre métallique (lorsque deux électrons au lieu d'un viennent se placer sur l'enceinte électronique externe). La démonstration est d'ailleurs quantitative : de la quantité de soufre et de polysulfure on déduit et l'on retrouve les quantités de cuivre et de Cu^2Cl^2 correspondantes.

Ainsi, nul doute que des électrons (probablement véhiculés par des molécules d'eau) passent à travers la paroi de l'un des milieux vers l'autre, en sorte que le déséquilibre électrostatique que tend à créer la perméabilité sélective de cette paroi se répare, non point par un simple échange d'ions, mais par le passage d'électrons de certains anions sur certains cations; le mécanisme compensateur, au lieu d'être ionique, devient électronique. La connaissance de ce mécanisme nous a permis de prévoir une série d'autres processus dont le principal intérêt est qu'ils ressortissent cette fois de la Chimie organique et s'apparentent plus étroitement aux faits chimiques de la vie. Nous n'en citerons ici que deux exemples :

I. Soit une paroi en parchemin séparant une solution de Na^2S d'une

solution d'acide fumarique. A 15° au bout d'une vingtaine d'heures, on constate la formation d'un polysulfure dans la solution sulfurée, et de soufre (ainsi que d'un peu de H^2S) dans la solution initiale d'acide fumarique. Celle-ci lentement évaporée après addition d'une trace de NO^3H, abandonne des cristaux que leurs propriétés cristallographiques et leur point de fusion permettent de caractériser comme étant de l'acide succinique. Le passage des ions Na^+ vers la solution acide et l'obstacle apporté à la diffusion des anions S^{--} (les variations du Ph de la solution acide restant très petites) menacent l'équilibre électrostatique; la modalité de la réparation est semblable à celle qui joue dans l'expérience de Becquerel : les électrons abandonnés par les ions S^{--} sont recueillis par les ions H^+ et $\frac{1}{2}H^2$ vient se fixer de part et d'autre de la double liaison de l'acide fumarique. Nous assistons ici à l'apparition d'une molécule organique nouvelle sans l'intervention d'un agent chimique de réduction. L'analogie avec les processus biochimiques est déjà frappante.

II. Soit une paroi de parchemin ou bien la paroi d'un vase de pile, dans l'épaisseur de laquelle s'est constitué un précipité de fumarate ferrique séparant une solution de $Fe^2(SO^4)^3$ d'une solution alcaline de fumarate de soude. Du côté de la solution ferrique on a (au bout de 15 heures environ) l'indication d'un acheminement vers un sel ferreux : avec le ferricyanure de potassium on obtient parfois le bleu de Turnbull le plus souvent le complexe vert ferro-ferrique de Pelouze (Fe^3Cy^8) dont le précipité s'accroît avec le temps. Quant à la solution de fumarate où nulle trace de fer n'a diffusé, elle donne, avec la résorcine sulfurique, la réaction caractéristique de l'acide tartrique. Le processus d'oxydation peut parfois se poursuivre jusqu'à l'apparition de formiate et de carbonate. C'est ici le passage favorisé des ions SO^4 qui crée le déséquilibre électrostatique. Dans la solution où tend à apparaître un excès d'anions, les ions OH^-, en se fixant de part et d'autre de la double liaison de la molécule organique, abandonnent des électrons que recueillent les ions ferriques.

On remarquera que ce mécanisme d'oxydation réduction dont l'analogie avec les processus chimiques est évidente, *et qui ne met pas en jeu de catalyseur* ne suppose aucune autre condition que la propriété de la paroi séparant les deux milieux en présence d'être sélectivement perméable aux ions de ces milieux.

Or cette propriété, les parois vivantes la possèdent justement à un remarquable degré; la démonstration donnée par W. Mestrezat, V. Morax et

l'un de nous ([1]) sur la cornée et les parois des vaisseaux ciliaires de l'œil de l'animal vivant ne laisse à cet égard aucun doute ([2]).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Coloration des granulations dites « oxydasiques » des cellules obtenue par synthèse de l'indophénol et de l'oxybenzidine.* Note de M. **A.-Ch. Hollande**, présentée par M. Henneguy.

La recherche des oxydases par les histologistes s'effectue principalement au moyen de deux réactions : la production synthétique du bleu d'indophénol [mélange de Kœchlin et Witt ([3]) à base de paraphénylènediamine et naphtol α] pour la recherche des oxydases directes; l'action de la benzidine en présence d'eau oxygénée pour la mise en évidence des oxydases indirectes ou peroxydases.

Les granulations se colorent, disent les auteurs, parce qu'elles ont la propriété d'oxyder le réactif qui vient à leur contact. Les oxydases de la cellule seraient ainsi localisées en ces granulations; hypothèse peu vraisemblable, — toutes les cellules ne possédant pas de telles granulations, — mais admise néanmoins par la majorité des auteurs.

Je me suis efforcé d'étudier le processus intime de ces colorations et de rechercher si elles étaient réellement en rapport avec une fonction oxydasique.

Les leucocytes (neutrophiles et éosinophiles) du sang de l'homme m'ont servi de sujet d'étude.

J'ai tout d'abord éprouvé l'action d'un certain nombre de mélanges de substances d'aniline, se comportant comme le réactif de Kœchlin et Witt; mélanges qui, de même que ce dernier, sont capables de s'oxyder facilement, en donnant naissance à une matière colorante se précipitant du milieu.

([1]) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1727.

([2]) Hamburger a tenté cette démonstration sur les hématies; à notre avis ses expériences prêtent à la critique. La première donnée vraiment correcte démontrant un tel effet de triage par une paroi vivante fut apportée pour NH^4Cl par M. Molliard, le *Sterigmatocystis nigra* servant d'objet d'expérience.

([3]) Dénommé à tort réactif de Röhmann et Spitzer ou de Schulze; la synthèse de l'indophénol, obtenue en oxydant un mélange équimoléculaire de diméthylparaphénylènediamine et de naphtol α a été découverte en 1881 par Kœchlin et Witt. Cf. Kœchlin, *Bull. Soc. industrielle de Mulhouse*, 1882, p. 532.

Je n'ai obtenu dans ces conditions, la plupart du temps, aucune mise en évidence des granulations dites oxydasiques [1].

Ces résultats sont déjà peu en faveur d'une action oxydante vraie de la granulation, le précipité formé par le colorant naissant devant se déposer tout autour de la granulation comme le bleu d'indophénol et la benzidine oxydée.

J'ai recherché, d'autre part, si la coloration des granulations par l'indophénol et la benzidine oxydée résultait d'une teinture, ou « d'une précipitation de substance colorante » autour du granule, comme le pense Fiessinger.

A cet effet, je me suis servi d'une solution alcoolique de bleu d'indophénol préparé comme suit : Deux solutions aqueuses équimoléculaires de paraphénylènediamine et de naphtol α sont mélangées et oxydées par du bichromate de potassium (sol. aq. à 3 pour 100); l'indophénol formé est agité avec de l'éther sulfurique qui le dissout; évaporé, l'éther laisse un résidu bleu; celui-ci, dissous dans l'alcool éthylique absolu à saturation, constitue la solution alcoolique du bleu d'indophénol.

Une telle solution ne colore pas directement les granulations, mais, étendue au dixième d'eau distillée neutre, elle donne une liqueur, qui, mise au contact des frottis de sang non fixés, colore lentement (en une demi-heure généralement) les granulations, en même temps que le colorant se précipite sous une forme cristalline.

La coloration obtenue est semblable à celle que donne la réaction du mélange de Kœchlin et Witt déposé directement sur le sang.

Par un procédé différent, je suis arrivé à extraire le produit d'oxydation (substance brunâtre) de la benzidine, et à obtenir dans des conditions similaires [2] (solution du colorant en liqueur éthéro-alcoolique additionnée d'eau distillée) la coloration directe, sans eau oxygénée, en jaune brun des granulations (couleur virant au vert par les acides dilués); le noyau se teignant faiblement en bleu verdâtre.

De ces faits, on doit conclure que les granulations colorables des leucocytes se colorent par *phénomène de teinture*, mais de teinture obtenue par

---

[1] Essais effectués avec les colorants suivants obtenus à l'état naissant : *bleu de phénylène* (solution aqueuse de paraphénylènediamine + solution aqueuse d'aniline); *bleu de toluylène* (diméthylparaphénylènediamine + chlorh. de nitrosodiméthylaniline); *noir d'aniline* (paraphénylènediamine + aniline + chlorh. d'aniline); *thionine* (paraphénylènediamine + solution aqueuse d'hyposulfite de soude); etc.

[2] Faute de place, je ne puis donner ici la technique suivie.

précipitation du colorant (homologue de la méthode de Romanowsky : éosinates de violet de méthylène et d'azur); cette coloration est du même ordre, qu'il s'agisse de la précipitation des colorants tout formés (indophénol et oxybenzidine) en solutions alcooliques, ou de ces mêmes colorants obtenus directement par voie synthétique.

Ce qui se colore, ce sont les granulations préexistantes neutrophiles et éosinophiles des leucocytes, de même que les substances liquides qui les forment ou en dérivent; les granulations sont ainsi *indophénophiles* et *oxybenzidinophiles;* n'étant pas indaminophiles, elles ne se colorent pas par les bleus de phénylène et de toluylène (dérivés d'indamines). Il n'y a là aucun rapport avec une fonction oxydasique.

Quant aux mélanges synthétiques, ils sont bien oxydés par des oxydases, mais ces oxydases, directes ou indirectes, siègent dans le sang et dans le protoplasme même des cellules sanguines [1] dont elles constituent une des propriétés fondamentales; si ces cellules renferment des granulations ayant des affinités pour le colorant formé, elles se coloreront; dans le cas contraire, aucune coloration ne s'ensuivra.

PARASITOLOGIE. — *Sur le cycle évolutif d'un trématode de la famille des* Psilostomidæ (Psilotrema spiculigerum *Mühling*). Note de M. **Paul Mathias**, présentée par M. F. Mesnil.

J'ai récolté au mois de septembre 1923, dans la rivière de Clomot (Côte-d'Or), des *Bithynia tentaculata* dont le foie renfermait des rédies bourrées de cercaires présentant de grandes analogies avec la *Cercaria tuberculata* Fil.

Les rédies, petites, ont un tube digestif assez long, un fort pharynx et deux apophyses latérales postérieures. Les cercaires, dépourvues d'yeux, ont un aspect très sombre. Elles possèdent une ventouse orale sans aiguillon en arrière de laquelle on voit un pharynx. La ventouse ventrale, plus petite que la ventouse orale, est située très en arrière du corps. De chaque côté du corps, on distingue deux lignes très rapprochées de cellules glandulaires granuleuses très foncées et un canal excréteur qui s'étend de la partie postérieure du corps jusqu'au niveau de la ventouse orale. Les cercaires possèdent une queue simple sans membrane ondulante.

---

(1) Il est facile de les mettre en évidence *in vivo* chez les leucocytes des Insectes (Hollande, *C. R. Soc. Biologie*, 1920, p. 670 et 726).

Aussitôt émises dans l'eau, les cercaires s'enkystent très rapidement sur les parois du récipient qui renferme les mollusques et sur tous les corps immergés dans l'eau. La surface des kystes en contact avec le support est plane, l'autre surface est convexe.

J'ai fait absorber des kystes, obtenus au laboratoire, à des souris blanches. J'ai trouvé dans l'intestin grêle d'une souris, six jours et demi après l'absorption des kystes, un trématode qui renfermait dans son utérus trois gros œufs jaune pâle et dans l'intestin d'une autre souris quinze de ces mêmes trématodes. Ils sont de petite taille et ont, sur le vivant, le tube digestif gorgé du sang de leur hôte. Les œufs de ces trématodes, isolés des excréments des souris et abandonnés dans de l'eau pure, donnent naissance au bout de 24 jours environ, à la température de 22°, à un miracidium muni de deux taches oculaires très rapprochées l'une de l'autre de façon à former un X.

Je rapporte ce trématode au *Psilotrema spiculigerum* Mühling. Il a été, jusqu'à présent, trouvé une seule fois et à un seul exemplaire par Mühling en 1898 dans l'intestin d'un Anatidé, *Fuligula nyroca*, en Prusse orientale. Il peut paraître anormal qu'un trématode trouvé dans un oiseau puisse se développer chez la souris. Je rappellerai, à ce sujet, qu'Ercolani en 1881 a obtenu la transformation du kyste de *Cercaria echinata* Sieb. en *Distomum echinatum* Zed. parallèlement dans le tube digestif de la souris et du canard.

Pour compléter l'identification du parasite, j'ai fait absorber à un canard des kystes provenant du même cristallisoir que ceux donnés aux souris blanches. J'ai trouvé dans les excréments du canard, quatre jours environ après l'ingestion des kystes, des œufs jaune pâle identiques à ceux rejetés dans les excréments des souris. A l'autopsie du canard j'ai obtenu, dans l'intestin grêle, huit *Psilotrema spiculigerum* Mühling adultes.

Cette expérience montre clairement que ce trématode peut se développer indistinctement dans la souris blanche et dans le canard. Normalement le *Psilotrema* doit vivre dans l'intestin d'un oiseau ansériforme, mais accidentellement il est capable de se développer chez des rongeurs tels que la souris blanche. Chez cette dernière, le *Psilotrema* acquiert tout de même sa maturité génitale et ses œufs, abandonnés dans de l'eau pure, se développent normalement, mais les individus obtenus chez la souris ont une taille nettement plus petite que celle des *Psilotrema* obtenus chez le canard (taille maxima chez la souris $1^{mm},26$, chez le canard $1^{mm},54$). D'autre part, l'infestation chez la souris ne semble pas se maintenir au delà du dixième jour après l'ingestion des kystes. Cette expérience tend à prouver

que la spécificité parasitaire est beaucoup moins rigoureuse que certains auteurs sont portés à le croire et que par conséquent il ne faut pas séparer des espèces de trématodes d'après la seule considération qu'elles sont hébergées par des hôtes différents, même si ces hôtes sont très éloignés les uns des autres.

Le cycle évolutif du *Psilotrema spiculigerum* Mühling peut se résumer ainsi : L'œuf pondu dans l'eau donne un miracidium pourvu d'une paire d'yeux qui pénètre dans un *Bithynia tentaculata* où il donne naissance à des rédies puis à des cercaires. Ces cercaires à maturité sortent du mollusque et s'enkystent sur les corps immergés dans l'eau, en particulier sur les herbes. Ces kystes, avalés par un oiseau tel que le canard ou par un rongeur comme la souris blanche, évoluent en *Psilotrema spiculigerum* Mühling, qui pond au bout de quatre à cinq jours et le cycle recommence.

PROTISTOLOGIE. — *Culture des Trypanosomes pathogènes.* Note de M. **A. Ponselle**, présentée par M. F. Mesnil.

Depuis les premières publications de Novy et Mac-Neal sur la culture de *Trypanosoma brucei* en 1904, la culture des Trypanosomes pathogènes des Mammifères n'a pas fait de grands progrès.

Malgré les travaux de J.-G. Thomson et Sinton (1912) et de Behrens (1914), il est toujours difficile de cultiver le *Trypanosoma brucei* et pratiquement les autres Trypanosomes pathogènes sont demeurés incultivables.

Nous avons réalisé un milieu qui donne des résultats absolument constants pour divers Trypanosomes pathogènes, tous les tubes ensemencés donnant des cultures abondantes aussi bien à l'isolement que dans les subcultures qui peuvent être poursuivies indéfiniment.

Nous avons cultivé jusqu'à présent : *Trypanosoma brucei*, *pecaudi*, *rhodesiense*, *dimorphon* et nous nous proposons d'étendre nos essais à toutes les espèces pathogènes. L'obtention des subcultures pour ces deux derniers présente d'ailleurs quelques difficultés et particularités sur lesquelles nous reviendrons ultérieurement.

Ce sont nos études antérieures sur le déterminisme de la culture de *Trypanosoma rotatorium* (1) qui nous ont guidé pour établir notre milieu.

(1) *C. R. Soc. Biologie*, t. 74, 1917, p. 824, et t. 82, 1919, p. 163; *Ann. Parasitologie*, t. 1, 1923, p. 181.

Nous avons pensé que le principal obstacle à la culture des Trypanosomes pathogènes venait de la présence d'anticorps dans le sang des animaux parasités fournissant la semence, anticorps qui paralysent les formes de culture au moment de leur apparition. Nous avons employé, dans le but de les adsorber, le couple peptone-gélatine, qui nous avait donné dans le cas de *Trypanosoma rotatorium* des résultats parfaits. L'expérience nous a montré (¹) de plus que la pression osmotique joue un rôle important dans le déterminisme de la culture, les milieux devant être hypotoniques par rapport au sang de l'hôte. Les Trypanosomes pathogènes des Mammifères se rapprochent ainsi au point de vue cultural des Trypanosomes des poissons et du *Trypanosoma inopinatum*, pathogène pour la grenouille, que nous avons été le premier à cultiver.

Notre milieu se compose donc de peptone et de gélatine dans une solution de chlorure de sodium d'un titre déterminé par la pression osmotique optima pour la culture du Trypanosome envisagé, variable suivant l'espèce, soit :

NaCl (pur cristallisé)	0,3 à 0,8
Peptone de Witte	2^{g}
Gélatine pure (²) (Coignet, médaille d'or)	2^{g}
Solution normale de carbonate de soude	1^{cm^3}
Eau bidistillée	100^{cm^3}

Le taux optimum de chlorure de sodium doit être de 0,3 pour 100 pour *Trypanosoma brucei*, de 0,6 pour 100 pour *pecaudi* et de 0,8 pour 100 pour *rhodesiense* et *dimorphon*.

Après dissolution de la peptone et de la gélatine obtenue rapidement à 100° au bain-marie, le milieu est stérilisé, sans filtration préalable, dans de gros tubes qu'on remplit seulement jusqu'au tiers, par chauffage d'une demi-heure à 110° à l'autoclave. Après refroidissement à la température du laboratoire à laquelle il est liquide (le gel ne se produisant que par un séjour assez prolongé à une température voisine de 15°), le milieu est mélangé, pour les *cultures d'isolement* avec son volume de *sérum* de lapin et

(¹) *C. R. Soc. Biologie*, t. 74, 1913, p. 339 et 522; *Ann. Parasitologie*, t. 1, 1923, p. 155 et 181.

(²) Nous purifions encore cette gélatine en abandonnant dans un bocal, pendant 6 jours à la glacière, la gélatine en feuille dans de l'eau distillée, renouvelée journellement, à raison de 15g de gélatine pour 1l d'eau et en terminant par un durcissement dans l'alcool à 95° durant quelques heures avant de laisser sécher les feuilles sur du papier filtre.

pour les *subcultures* avec du *sang défibriné* [1] du même animal. Répartition aseptique du mélange à raison de 3^{cm^3} environ par tube et inactivation 30′ à 56°.

L'ensemencement doit se faire à raison de 1 à 2 gouttes de sang du cœur d'une souris infectée du trypanosome à cultiver, sacrifiée à la période moyenne de l'infection. Après agitation les tubes sont abandonnés, sans plus être remués ni subir de prélèvement, à l'étuve à 23°-26° pendant une quinzaine de jours. A ce moment et même souvent bien avant, on distingue à la loupe contre la paroi du verre, au-dessus du dépôt d'hématies et jusqu'à une hauteur variable, de petites colonies punctiformes blanchâtres très nombreuses. Passé ce délai le tube doit être agité et son contenu ensemencé à raison de 6 à 8 gouttes environ dans les tubes destinés aux subcultures. Pour ceux-ci l'agitation ou les prélèvements en cours de cultures ne sont plus nuisibles. Les repiquages doivent être effectués environ tous les 7 à 8 jours à 23°-26° en ensemençant toujours largement.

Ces trypanosomes de culture ont une morphologie identique à celle signalée par les auteurs pour les trypanosomes de culture intestinale des glossines. Comme eux, d'ailleurs, ils sont dénués de virulence pour les animaux réceptifs.

Les différences dans la pression osmotique nécessaire pour la culture des divers trypanosomes pathogènes peuvent éclairer les conditions de la réceptivité des espèces de Tsétsés pour les différentes espèces de trypanosomes; réceptivité variable comme on le sait avec l'état hygrométrique de l'air (Roubaud), la température, etc.

Si la culture des trypanosomes pathogènes présente un intérêt théorique évident, elle aura, pensons-nous, également des applications pratiques : essais de vaccination, préparation d'antigènes pour la réaction de Bordet-Gengou dans les trypanosomiases, etc. Nous sommes déjà entré dans cette voie en étudiant une légère modification de notre milieu qui permettra, par simple centrifugation d'une culture, d'obtenir des trypanosomes privés de tout autre élément figuré.

---

(1) Au lieu de sang défibriné, on peut employer du sérum additionné seulement de $\frac{1}{20}$ en volume de sang défibriné, les subcultures se font aussi bien et ce milieu moins chargé en globules est préférable dans certains cas, mais l'emploi du sang défibriné seul simplifie les manipulations.

MÉDECINE. — *Thermocautère métallique à température variable.* Note (1) de M. F. **Bordas**, présentée par M. d'Arsonval.

L'emploi de la méthode cryothérapique pour le traitement d'un certain nombre de dermatoses : Angiomes, Papillômes, Lupus érythémateux, etc. a donné de très heureux résultats.

Cette application du froid en médecine s'est rapidement généralisée, surtout à l'étranger. Elle a permis, outre la guérison de beaucoup d'affections rebelles, de faire disparaître par exemple les tatouages même étendus.

Dès l'origine de ces investigations nous avons eu l'occasion de signaler les lacunes d'un certain nombre de méthodes comme celle de Trimble, Dade, etc. et même les dangers de procédés du genre de ceux de Juliusberg, de Pusey, etc.

L'acide carbonique employé comme source de froid était de l'acide carbonique industriel enfermé dans des cylindres métalliques. Or, ce produit est toujours souillé par des débris organiques et des germes microbiens; d'autre part, en utilisant la neige carbonique dans le traitement des angiomes par exemple, on obtient un contact défectueux par l'application du crayon sur la peau (2).

Pour remédier aux multiples défauts de cette technique, nous avions proposé une méthode toute différente et l'emploi d'un cryocautère des plus simples et des plus maniables.

L'acide carbonique ne se trouvait plus en contact direct avec les parties malades, mais servait à refroidir de l'acétone contenu dans un tube en argent.

Ce tube, ainsi refroidi à — 80°, était isolé grâce à une gaîne à double paroi de d'Arsonval-Dewar.

Cette nouvelle méthode n'a pas tardé à se généraliser; de nombreux cryocautères ont été construits d'après ce principe : Beclère, Lortat-Jacob, etc.

Dans une Note précédente (3), nous avons attiré l'attention des praticiens

(1) Séance du 24 mars 1924.

(2) *Deuxième Congrès du froid*, septembre 1912.

(3) *L'emploi des basses températures en cryothérapie* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 84).

sur l'intérêt qu'il y aurait à utiliser toutes les températures intermédiaires entre — 10° et — 80°, même — 250°.

Nous estimons très important de savoir exactement à quelle température on opère afin de pouvoir étudier les conditions dans lesquelles la température et sa durée d'application agissent sur les tissus. Sans compter l'intérêt de se rendre un compte exact des caractéristiques d'une expérience afin de pouvoir la répéter et en contrôler plus efficacement toutes les phases.

La solution acétonique d'acide carbonique ne permet pas de réaliser ces desiderata; le dégagement plus ou moins tumultueux de ce gaz provenant du réchauffement de l'appareil, est des plus désagréables, et contraint l'opérateur à tenir l'appareil perpendiculairement à la surface à traiter; et, d'autre part, comme la masse refroidie est minime, il en résulte que, même pour des opérations ne dépassant pas une durée de 16 à 20 secondes, on ne dispose pas d'un volant de frigories suffisant.

Nous avons donc modifié notre appareil primitif, et substitué au tube creux en argent, un cylindre plein métallique, d'une masse suffisante pour que, refroidie, elle puisse conserver une température constante pendant toute la durée d'une opération.

L'appareil consiste essentiellement en un cylindre de cuivre qui peut être nickelé ou argenté et dont la partie centrale est évidée de façon à permettre l'introduction d'un thermomètre à hydrocarbure léger. Une certaine quantité d'alcool est introduite afin de permettre au thermomètre de se mettre rapidement en équilibre de température avec le métal.

Ce cylindre est plongé dans les milieux réfrigérants : acétone carbonique, air liquide, etc. On arrête le refroidissement à quelques degrés audessous de la température désirée; puis, à l'aide d'une pince en bois, on introduit ce cylindre métallique ainsi refroidi dans sa gaine isolante. Cette gaine est composée d'une enveloppe de verre à double paroi d'Arsonval-Dewar, maintenue par un montage en ébonite.

La manipulation de ce cryocautère est des plus simples. Cet instrument permet d'éviter les inconvénients signalés par nous et facilité l'emploi de toute une gamme de températures qui jusqu'ici ne pouvaient être utilisées en cryothérapie.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La vaccination sous-cutanée des animaux pour obtenir du vaccin pur.* Note [1] de M. **Edmond Chaumier**, présentée par M. Charles Richet.

MM. Georges Blanc et J. Caminopetros ont récemment communiqué [2] leurs études sur le développement du virus vaccinal dans le tissu conjonctif à la suite d'injections sous-cutanées de dilutions de vaccin chez le lapin.

Or j'avais fait les mêmes expériences en 1916, non sur le lapin, mais sur la génisse [3].

Au bout de sept jours, un âne, ayant été vacciné, fut tué, et, la peau ayant été disséquée avec soin, je recueillis un tissu lardacé baignant dans de la sérosité.

La sérosité fut mise à part, et, le surlendemain, j'inoculai à des enfants vaccinés pour la première fois, et à des revaccinés :

1° la sérosité;

2° le liquide provenant de la compression du tissu;

3° le tissu lui-même.

Les deux liquides ne donnèrent aucun résultat. Quant au tissu conjonctif, grossièrement broyé, sur 9 vaccinés, il produisit 8 résultats positifs et un douteux (non revu), et 3 résultats positifs (avec pustules véritables) sur 16 revaccinés.

J'insisterai sur deux points :

1° la quasi-nécessité d'inoculer les ânes avec du vaccin de génisse, et les génisses avec du vaccin d'âne. Le premier, dès 1896, j'ai prouvé qu'il devait en être ainsi pour les vaccinations cutanées, si l'on veut obtenir un vaccin très virulent;

2° l'absence de virulence (ou l'insuffisance de virulence pour l'enfant) du liquide baignant le tissu cellulaire, et la virulence de ce tissu lui-même.

Ainsi il semble que le virus vaccinal habite exclusivement les cellules.

---

(1) Séance du 24 mars 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 670.

(3) *Revue internationale de la vaccine*, janvier-février 1920.

MÉDECINE. — *L'administration perlinguale de l'insuline.* Note de M. **Léon Blum**, transmise par M. Widal.

De nombreuses tentatives ont été faites pour administrer l'insuline autrement que par piqûre. Comme l'action destructrice exercée par les ferments digestifs empêche l'utilisation de la voie stomacale, on a essayé soit d'autres voies d'introduction, soit l'addition de substances susceptibles de neutraliser l'influence des ferments. C'est ainsi qu'on a eu recours à la voie rectale, percutanée ou nasale. D'autre part nous avons tenté, comme d'autres, l'introduction en solution alcoolique, l'ingestion par la sonde duodénale après addition de biphosphate de soude. Les résultats de tous ces essais ont été ou nuls ou très médiocres. Seule l'ingestion avec une forte dose d'huile (30^g) paraît avoir donné à Salen (de Stockolm) de meilleurs effets.

Dans la suite nous avons cherché à utiliser la capacité résorbante que possède la muqueuse de la langue. Il y a environ 1 an, Mendel a montré avec quelles facilité et rapidité de nombreuses drogues peuvent pénétrer ainsi dans l'organisme et il a essayé ce même procédé pour l'insuline.

Au début de nos recherches commencées il y a plus de 8 mois, nous avons employé les solutions concentrées d'insuline renfermant 50 unités anglaises par centimètre cube; les résultats furent peu satisfaisants. Ils furent meilleurs avec des solutions contenant 100 unités par centimètre cube. Mais ce n'est que lorsque nous fûmes en possession d'une poudre très active et très soluble sous forme du chlorhydrate d'insuline, préparé d'après Dudley, que ce mode d'administration devint praticable.

Voici ce que nous avons observé après l'emploi du chlorhydrate d'insuline :

Quand on étale sur la langue d'un sujet non diabétique et se trouvant à jeun 10^{mg} de chlorhydrate d'insuline, on voit la glycémie tomber après 3 heures de $0^g,85$ à $0^g,62$; chez un autre sujet polyglobulique de $1^g,80$ à $0^g,95$.

Chez les diabétiques on constate que l'application perlinguale d'insuline a sur la glycosurie et l'acétonurie la même action que la piqûre d'insuline.

Si l'on examine la courbe de la glycosurie sur les urines recueillies par fractions ainsi que nous l'avons recommandé pour suivre l'effet de l'insuline, on constate par exemple chez un diabétique grave, qu'après application perlinguale de 20^{mg} de chlorhydrate d'insuline, la glycosurie tombe

de 24^g par litre après 4 heures à zéro, s'y maintient pendant 10 heures et reste encore basse durant 6 heures. Chez ce malade une piqûre sous-cutanée de 18 unités anglaises produisait le même effet.

L'administration perlinguale d'insuline permet donc d'obtenir les mêmes effets que l'emploi de la voie sous-cutanée.

Toutefois, en multipliant ces essais, nous avons reconnu que l'administration perlinguale donnait des résultats moins constants que l'administration sous-cutanée.

L'inconstance paraît tenir aux causes suivantes :

1° A la qualité du chlorhydrate d'insuline employée : il est indispensable qu'il soit très soluble et très actif;

2° A des différences de résorption au niveau de la muqueuse dont l'état de sécheresse semble jouer un rôle. Aussi est-il nécessaire d'humecter la muqueuse avant de la saupoudrer avec le chlorhydrate d'insuline.

Au point de vue quantitatif l'application perlinguale est également moins avantageuse : elle exige des doses environ 2 à 3 fois plus considérables que la voie sous-cutanée.

Malgré ces inconvénients nous croyons que ce mode d'administration peut rendre des services, en particulier dans les cas où il n'est pas nécessaire de recourir à de fortes doses et que son application pratique ne rencontre pas de difficultés, depuis que la préparation du chlorhydrate d'insuline a fait entre les mains de Dudley de grands progrès et permet d'obtenir des produits très actifs et très solubles.

A $15^h 55^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $17^h 20^m$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de janvier 1924 (*suite et fin*).

Thermochimie, par F. Bourion. Paris, Doin, 1924; 1 vol. 22cm. (Présenté par M. G. Urbain.)

Le opere di Alessandro Volta, publié sous les auspices de la R. Accademia dei Lincei. Milano, Ulrico Hœpli, 1923; 1 vol. 30cm. (Donné par M. V. Volterra.)

La question du cadastre en France; le passé et l'avenir, par Ch. Lallemand. Paris, *Revue scientifique*, 1923; 1 fasc. 15cm,5.

Travaux de la section de geodésie de l'Union géodésique et géophysique internationale, par Georges Perrier. Tome I. Paris, au Secrétariat de la Section, 1923; 1 vol. 22cm.

Union géodésique et géophysique internationale; première assemblée générale réunie à Rome du 2 au 10 mai 1822. Toulouse, Édouard Privat, 1923; 1 fasc. 19cm.

L'« Analysis situs » et la géométrie algébrique, par S. Lefschetz. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1924; 1 vol. 19cm. (Présenté par M. Borel.)

Les poissons des eaux douces de l'Afrique occidentale (du Sénégal au Niger), par Jacques Pellegrin. Paris, Émile Larose, 1923; 1 vol. 19cm. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

L'année psychologique, publiée par Henri Piéron. Paris, Félix Alcan, 1923; 1 vol. 17cm. (Présenté par M. Henneguy.)

Recherches sur la théorie ionique de l'excitation, par P. Lasareff. Moscou, Société des éditions scientifiques, 1918; 1 vol. 18cm et 1 fasc. (1923), 17cm.

Il moto oscillatorio pendolare e le ideali celesti rivoluzioni, par Aldo Crespi. Gennaio, 1924; 1 vol. 17cm.

Ouvrages reçus dans les séances de février 1924.

Montpellier, Xe région économique; exposition régionale. *Congrès de l'eau; Compte rendu des travaux*, par M. Flahault. Montpellier, Rouméqous et Déhan, 1923; 1 vol. 18cm.

Calcul graphique et nomographie, par M. d'Ocagne. Paris, Octave Doin, 1924; 1 vol. 13cm,5.

Les lieux géométriques et mathématiques spéciales, par T. Lemoyne. Paris, Vuibert, 1923; 1 vol. 18cm.

Cancer thyroïdien, par L. Bérard et Ch. Duret. Paris, Gaston Doin, 1924; 1 vol. 18cm.

Il moto oscillatorio pendolare e le ideali celesti rivoluzioni, par Aldo Crespi. Gennaio, 1924; 1 vol. 17cm.

Mémoires publiés par les membres de l'Institut français d'archéologie orientale du Caire, sous la direction de George Foucart. Tome 51 : *Recherches sur les poissons représentés dans quelques tombeaux égyptiens de l'ancien empire*, par Claude Gaillard, Victor Loret et Charles Kuentz. Le Caire, Institut français d'archéologie orientale, 1923; 1 vol. 35cm,5. (Présenté par M. Joubin.)

L'origine dualiste des mondes et la structure de notre univers, par Émile Belot. Paris, Payot, 1924; 1 vol. 23cm. (Présenté par M. Bigourdan.)

Principes généraux de l'organisation systématique des machines et de l'industrie, par Émile Belot. Paris, Dunod et Pinat, 1918; 1 fasc. 24cm.

Contribution à l'étude chimique de la tuberculose aviaire (*ostéo-périostite diffuse sans localisation viscérale*), par Ch. Bessiat et V. Robin. Extrait de la *Revue vétérinaire*, décembre 1922; 1 fasc. 21cm.

Cronici della pelle. Milano, Gabinetto medico, 1924; 1 fasc. 19cm.

Démonstration du postulat d'Euclide sur les parallèles, par Léon Aubry. Paris, Gauthier-Villars et Cie, s. d.; 1 fasc. 22cm,5.

Maurice Barrès et la science française, par Charles Moureu. Paris, *Revue politique et littéraire* et *Revue scientifique*, 1924; 1 fasc. 21cm.

Flore complète illustrée en couleurs de France (*Alsace et Lorraine comprises*) *Suisse et Belgique* (*comprenant la plupart des plantes d'Europe*), par Gaston Bonnier. Paris, Orlhac, s. d.; 10 fasc. 33cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 AVRIL 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome X (1832-1835) des *Procès-verbaux des séances de l'Académie des sciences tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août* 1835, *publiés par MM. les Secrétaires perpétuels*, est en distribution au Secrétariat.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la dérivée de la fonction $\Psi(x)$ de Gauss, quand x est commensurable.* Note de M. **Paul Appell**.

La fonction $\Psi(x)$, définie par Gauss comme la dérivée du logarithme de $\Pi(x)$ ou de $\Gamma(x+1)$, est donnée par l'intégrale

$$\Psi(x) = -\int_0^1 \left(\frac{1}{\log z} + \frac{z^x}{1-z}\right) dz,$$

d'où en dérivant

$$\Psi'(x) = -\int_0^1 \frac{z^x}{1-z} \log z \, dz.$$

Je me propose d'indiquer une liaison entre la fonction $\Psi'(x)$, où x est commensurable, et la fonction bien connue

$$\varphi(\lambda) = \int_0^\lambda \frac{\log(1-z)}{z} dz,$$

que j'étudie d'une façon générale dans un Mémoire actuel des *Acta mathematica*. Supposons $x = \frac{p}{q}$, où p et q sont des entiers ($q > 0$); en faisant

$z = t^q$, on a

$$\Psi'\left(\frac{p}{q}\right) = -q^2 \int_0^1 \frac{t^{p+q-1}}{1-t^q} \log t \, dt.$$

Si l'on décompose en fractions simples le coefficient de $\log t \, dt$, on obtient d'abord une partie entière $E(t)$ qui donne lieu à une intégrale connue I, puis une somme de fractions simples de la forme

$$\sum \frac{A}{1-\lambda t}$$

qui donne lieu à une somme d'intégrales :

$$\Psi'\left(\frac{p}{q}\right) = I + \Sigma A \int_0^1 \frac{\log t \, dt}{1-\lambda t}.$$

Faisant $\lambda t = u$, et réunissant en J avec I la partie immédiatement intégrable,

$$\Psi'\left(\frac{p}{q}\right) = J + \Sigma A \frac{1}{\lambda} \int_0^\lambda \frac{\log u}{1-u} du$$

ou encore, après une intégration par parties,

$$\Psi'\left(\frac{p}{q}\right) = H + \Sigma A \frac{1}{\lambda} \varphi(\lambda),$$

H étant connu.

Comme il résulte de mon Mémoire des *Acta*, la fonction $\varphi(\lambda)$ est une somme de fonctions analogues, multipliées par des coefficients connus, toutes les fois que $\lambda = R(\mu)$, R désignant une fonction rationnelle. C'est ce qu'on voit en faisant, dans $\varphi(\lambda)$, la substitution $z = R(t)$ et remarquant que t varie d'une certaine valeur μ_0 à la valeur μ. On a, par exemple, ainsi qu'il est connu depuis longtemps,

$$\varphi(\mu^2) = 2[\varphi(\mu) + \varphi(-\mu)].$$

J'espère pouvoir développer les calculs précédents dans un autre Recueil.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Expression mathématique rigoureuse des ondes qui ont une surface caustique de révolution donnée.* Note de M. **Marcel Brillouin.**

1. Bien que l'équation des ondes en milieu isotrope

$$\Omega^2 \Delta\varphi = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} \tag{1}$$

ait été très étudiée, le problème très simple de la réfraction d'une onde sphérique isotrope à travers une surface plane n'a jamais été traité, à ma connaissance. La solution que fournit l'optique géométrique ne convient qu'au cas limite de longueurs d'onde infiniment courtes; le complément qu'on obtient en optique physique, quand on cherche les franges au voisinage des caustiques, n'est qu'une seconde approximation reposant sur des hypothèses relatives à la forme des surfaces d'onde lointaines et à la distribution des amplitudes sur celles-ci.

Or en toute rigueur ces hypothèses sont fausses.

Les surfaces d'onde non sphériques ne sont pas parallèles.

L'amplitude n'y est pas uniforme, même dans le cas des ondes sonores, et *a fortiori* en optique.

C'est ce qui résulte immédiatement de la substitution dans (1),

$$\varphi = f(x, y, z)\cos[2\pi\nu t - \varphi(x, y, z)], \tag{2}$$

qui, en mettant en évidence la vitesse de phase Ω_φ,

$$\frac{4\pi^2\nu^2}{\Omega_\varphi^2} = \varphi_x'^2 + \varphi_y'^2 + \varphi_z'^2, \tag{3}$$

donne les deux équations de condition [1]

$$\frac{1}{\Omega_\varphi^2} = \frac{1}{\Omega^2} + \frac{1}{4\pi^2\nu^2}\frac{\Delta f}{f}, \tag{4}$$

$$\frac{\partial}{\partial x}(f^2\varphi_x') + \frac{\partial}{\partial y}(f^2\varphi_y') + \frac{\partial}{\partial z}(f^2\varphi_z') = 0. \tag{5}$$

Les normales aux ondes ne sont pas, en général, des droites. La vitesse Ω_φ change avec la courbure de l'onde et la distribution de l'amplitude. Dans un tube de normales aux ondes, le produit $\frac{f^2\,dS}{\Omega_\varphi}$ se conserve.

2. Dans la présente Note, je vais construire, à l'aide des fonctions sphériques de Legendre et de celles de Stokes [2], une expression rigoureuse de φ pour une onde de révolution ayant une caustique de méridienne donnée, le long de laquelle il n'y a pas de source.

Une telle expression conviendra pour représenter l'onde provenant d'une source sonore ponctuelle, isotrope ou de révolution autour de l'axe Oz, après qu'elle a traversé un nombre quelconque de surfaces réfringentes de révolution autour du même axe.

---

(1) BRILLOUIN, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 1135.

(2) Lord RAYLEIGH, *On Sound*, t. 2, p. 237 et suiv. Macmillan, 2e édition.

On pourra également l'utiliser, après transformations convenables, en optique électromagnétique, pour des doublets sources placés sur l'axe.

3. On sait qu'en prenant ($k\Omega = \theta$)

$$\varphi_n = \frac{e^{i\theta t}}{r}[e^{-ikr}f_n(ikr) - (-1)^n e^{ikr} f_n(-ikr)]\, P_n(\mu)$$

le point $r = 0$ n'est pas un point source; φ_n n'y devient pas infini ([1]).

D'autre part, on sait que sur une sphère la fonction

$$\psi(\mu) = B(\lambda) \sum_0^\infty \frac{2n+1}{2} P_n(\lambda) P_n(\mu)$$

est nulle partout, sauf sur le parallèle $\mu = \lambda$, où elle devient égale à $B(\lambda)$.

Combinons ces deux propriétés connues et nous obtiendrons un potentiel d'ondes concentrées au voisinage du point $z = -\zeta(\lambda)$, $x = y = 0$, et au voisinage de la circonférence

$$(6) \qquad z = -\zeta(\lambda) + \lambda\rho(\lambda), \qquad x^2 + y^2 + [z + \zeta(\lambda)]^2 = \overline{\rho(\lambda)}^2,$$

en prenant

$$(7) \qquad \varphi(\mu, r, \lambda) = B(\lambda) \frac{e^{i\theta t}}{r_\lambda} \sum_0^\infty P_n(\mu)\, G_n(\lambda)\, R_n(kr_\lambda)$$

où l'on a posé

$$(8) \qquad \begin{cases} r_\lambda = +\sqrt{x^2 + y^2 + [z + \zeta(\lambda)]^2}, \\ R_n(kr) = e^{-ikr} f_n(ikr) - (-1)^n e^{ikr} f_n(-ikr), \\ G_n(\lambda) = \dfrac{2n+1}{2} P_n(\lambda) \dfrac{\rho(\lambda)}{R_n[k\rho(\lambda)]}. \end{cases}$$

Ce potentiel $\varphi(\mu, \nu, \lambda)$ correspond à ce qui provient d'un élément annulaire de la caustique, et de l'élément correspondant de l'axe.

4. Définissons maintenant la méridienne de la caustique, enveloppe des rayons λ émanés des points $-\zeta(\lambda)_n$: cette condition détermine $\rho(\lambda)$ en fonction de $\zeta(\lambda)$:

$$(9) \qquad \rho(\lambda) = -(1 - \lambda^2) \frac{\partial \zeta}{\partial \lambda}.$$

Limitons la caustique à son sommet d'une part

$$\lambda = 1, \qquad z = -\zeta(s), \qquad \rho = 0$$

et au parallèle λ_1 (ordinairement $\lambda_1 = 0$) d'autre part.

([1]) Lord Rayleigh, *On Sound*, t. 2, p. 260, 2e édition.

Laissons arbitraire la répartition des amplitudes et des phases le long de l'axe, en prenant pour $B(\lambda)$ une fonction complexe $B_1(\lambda) + iB_2(\lambda)$, arbitraire. L'onde totale aura pour potentiel

$$\Phi = e^{i\theta t} \int_1^{\lambda_1} \left[\frac{B(\lambda)}{r_\lambda} \sum_0^\infty P_n(\mu)\, G_n(\lambda)\, R_n(kr_\lambda) \right] d\lambda, \tag{10}$$

dont la caustique a pour méridienne la courbe

$$\left\{ \begin{aligned} & z = -\zeta(\lambda) - \lambda(1 - \lambda^2) \frac{\partial \zeta}{\partial \lambda}, \\ & x^2 + y^2 + [z + \zeta(\lambda)]^2 = (1 - \lambda^2)^2 \left(\frac{\partial \zeta}{\partial \lambda} \right)^2. \end{aligned} \right. \tag{11}$$

Le mouvement est périodique simple, de période $2\pi : \theta$.

Bien entendu, on doit prendre séparément la partie réelle de l'expression complexe Φ.

La discussion et les applications de la formule (10) trouveront place dans un autre Recueil.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur un nouveau chromogène cristallisé, l'esculétol, retiré du marronnier d'Inde.* Note de M. **Gabriel Bertrand** et M[lle] **Y. Djoritch.**

Il existe dans l'enveloppe des fruits du marronnier d'Inde (*Æsculus hippocastanum* L.) une substance dissoute très remarquable : incolore tant qu'elle reste enfermée dans les cellules vivantes, elle devient rapidement jaune foncé quand, par suite d'une lésion des tissus, le suc est exposé au contact de l'air. Ce phénomène de coloration, en rapport évident avec la fonction respiratoire, est surtout sensible avec les fruits peu avancés et on l'observe communément lorsque, peu de temps après la floraison, les jeunes marrons tombent sur le sol et qu'on les écrase en marchant.

Nous avons réussi, comme nous allons le décrire, à séparer la substance chromogène à l'état pur et cristallisé, et nous avons pu reconnaître alors que son jaunissement, dans les circonstances indiquées plus haut, est due à l'intervention de la laccase qui l'accompagne dans la plante (1).

---

(1) La présence de la laccase dans le fruit du marronnier avait été reconnue antérieurement (G. Bertrand, *Comptes rendus*, t. 121, 1895, p. 166).

Pour extraire la substance chromogène, que nous appellerons désormais *esculétol*, on jette les jeunes marrons, frais et entiers, dans cinq fois leur poids d'alcool à $\frac{95}{100}$, porté préalablement à l'ébullition. On maintient celle-ci une demi-heure, puis on laisse refroidir et on filtre. Le liquide est évaporé par distillation sous pression réduite jusqu'à la consistance d'un sirop que l'on agite vigoureusement avec plusieurs fois son volume d'éther. On décante la solution éthérée et l'on recommence cinq ou six fois la même extraction. Les solutions éthérées sont réunies, décantées après 24 heures de repos, puis distillées. Le résidu de la distillation, vert et sirupeux, est versé dans une capsule et abandonné à l'air jusqu'à dessiccation complète. L'esculétol cristallise alors, au milieu d'un mélange de chlorophylle, de cires, de matières grasses, etc. On pulvérise la masse et on la traite, à plusieurs reprises, par de petites quantités d'éther anhydre, puis d'éther de pétrole. Les substances étrangères se dissolvent et, résultat digne d'attention, l'esculétol, presque pur, reste tout entier comme résidu.

On purifie le chromogène en le dissolvant dans vingt fois son poids d'eau bouillante, filtrant à travers un filtre de papier mouillé, concentrant au quart par distillation sous pression réduite, et laissant cristalliser. L'esculétol met plusieurs jours à se déposer. On essore les cristaux, on les lave avec un peu d'eau froide et on les sèche dans le vide, sur l'acide sulfurique.

Les eaux mères donnent, par concentrations successives, de nouvelles quantités de substance qui portent le rendement total à un peu plus de $2^g,5$ par kilogramme de marrons frais.

Il est probable que l'esculétol se comporte, au cours de cette préparation, dont les phases comportant l'emploi de l'éther ont une allure paradoxale, comme une substance pouvant exister sous plusieurs états d'agrégation moléculaire différents : parmi ceux-ci, le plus simple serait assez soluble dans l'eau et dans l'éther, tandis que le plus élevé, celui qui correspond à la forme cristallisée, serait, au contraire, fort peu soluble dans les mêmes dissolvants. L'un de nous a déjà rencontré et mis à profit des cas de ce genre lorsqu'il a étudié la dioxyacétone ([1]), le bolétol ([2]) et la vicianine ([3]).

L'esculétol se dépose assez lentement de sa solution aqueuse sursaturée

---

([1]) G. Bertrand, *Comptes rendus*, t. 129, 1899, p. 341 et 422.
([2]) *Ibid.*, t. 134, 1902, p. 124.
([3]) *Ibid.*, t. 143, 1906, p. 832.

en prismes, généralement groupés en rosaces, translucides et brillants, de plusieurs millimètres de longueur. Quand on dessèche ces prismes dans le vide sur l'acide sulfurique, ils se déshydratent partiellement avec une grande facilité et se réduisent en poudre formée de lamelles irrégulières et de fines aiguilles.

L'esculétol pur est incolore, mais il prend lentement à l'air, par oxydation, une teinte rosée ou jaune rougeâtre plus ou moins accentuée. Après avoir été deshydraté dans le vide sur l'acide sulfurique, il fond au bloc Maquenne entre + 275° et 280°.

Insoluble dans le sulfure de carbone, le benzène et le chloroforme, presque insoluble dans l'éther de pétrole, il est, au contraire, très soluble dans l'acétate d'éthyle. En opérant par agitation continue, durant 24 heures, en présence d'un excès de substance pulvérisée, nous avons trouvé, d'autre part, qu'il s'en dissolvait :

Dans l'éther anhydre...........	0,032 pour 100 à	+17°
Dans l'éther ordinaire..........	0,34	»	+17°
Dans l'alcool à 95°............	11,36	»	+17°
Dans l'eau....................	0,41	»	+20°

Enfin, nous avons trouvé une solubilité dans l'eau bouillante voisine de 5,5 pour 100.

Le nouveau chromogène n'est pas un glucocide. Il réduit le réactif cupropotassique, mais son pouvoir réducteur, mesuré en opérant dans une atmosphère d'hydrogène, n'augmente pas après un chauffage préalable avec de l'acide chlorhydrique étendu. D'autre part, on ne peut reconnaître après ce chauffage la présence d'aucun sucre précipitable à l'état d'osazone.

Par contre, en solution aqueuse, l'esculétol se colore en vert intense par l'addition ménagée de perchlorure de fer, en jaune brunâtre avec absorption d'oxygène, par la potasse et la soude. Il est précipité en partie par l'acétate neutre de plomb et en totalité par l'acétate basique. Il réduit immédiatement à froid l'acide iodique et le chlorure d'or, très rapidement à chaud le nitrate d'argent et même l'acétate de cuivre (1). Il se comporte, en définitive, comme un phénol très oxydable.

Ces caractères nous ont suggéré un mode d'extraction du chromogène moins coûteux que le précédent, n'exigeant pas comme lui de grandes quantités d'alcool.

Dans ce nouveau mode d'extraction, on introduit les jeunes marrons

(1) Des détails sur ces réactions seront donnés dans un autre Recueil.

frais dans de grands flacons ou des touries de verre avec à peu près trois fois leur poids d'eau additionnée de 20^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré et de quelques gouttes de chloropicrine par litre. L'acide a pour but de paralyser la laccase (1) et la chloropicrine d'empêcher toute fermentation (2). Les récipients doivent être remplis et bouchés. Après quelques semaines de macération, durant lesquelles on agite de temps en temps, la solution acide est décantée, les fruits sont broyés et pressés; enfin les liquides réunis sont saturés, à la température du bain-marie, par le carbonate de plomb. On laisse refroidir, on sépare le chlorure métallique en filtrant et l'on concentre par distillation dans le vide. L'extrait sirupeux est ensuite traité par l'éther, comme il a été indiqué pour l'extrait alcoolique. Ce procédé supprime la dépense d'alcool, mais il ne donne une substance pure qu'après plusieurs recristallisations, de sorte que son rendement est inférieur à celui du premier procédé.

Nous avons opéré principalement sur les jeunes fruits du marronnier à fleurs rouges, mais les jeunes fruits du marronnier à fleurs blanches se sont comportés de la même manière. Nous avons également retiré de l'esculétol de l'enveloppe encore verte des fruits développés et de l'écorce des jeunes rameaux.

La solution aqueuse d'esculétol est très rapidement oxydée, en présence de l'air ou de l'oxygène, par l'addition d'un peu de laccase extraite, soit du marronnier, soit du latex de l'arbre à laque. Elle prend alors une coloration jaune d'or puis jaune ocracé, identique à celle du suc cellulaire des petits marrons que l'on écrase.

MICROBIOLOGIE AGRICOLE. — *Sur la microflore autochtone de la terre arable.* Note (3) de M. S. **Winogradsky.**

En étudiant la marche de la dégradation des matières organiques dans le sol, on est amené à distinguer deux périodes qui se succèdent, ainsi que deux grands groupes de microbes qui y correspondent, ou qui y président.

La première est caractérisée par des processus relativement rapides et violents, dont les phases successives perdent pourtant peu à peu ce caractère, à mesure que la molécule organique devient de moins en moins atta-

(1) G. Bertrand, *Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 340.
(2) G. Bertrand et M. Rosenblatt, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1350 et 1468.
(3) Séance du 31 mars 1924.

quable pour la majorité des ferments. Le tour de la seconde vient aussitôt après que la substance organique, enrichie de carbone inutilisé, est transformée en matière brune ou noire, qui est partie intégrante de la terre arable. L'allure des phénomènes est alors définitivement changée : elle assume ce caractère de combustion lente tant étudiée par les chimistes agronomes, mais dont les microbiologistes n'ont pas même abordé encore l'étude.

On connaît un nombre assez considérable d'espèces microbiennes appartenant au premier groupe : se prêtant bien à la culture sur les milieux conventionnels riches en matières azotées et en hydrates de carbone, elles ont été isolées sans difficulté. Les méthodes en cours, basées exclusivement sur des procédés de culture n'en découvrant pas d'autres, ce sont ces espèces qui sont censées actuellement représenter la microflore du sol.

Or, en suivant leur origine et leur activité, on s'assure qu'elles pénètrent périodiquement dans le sol du dehors avec les corps organiques en voie de décomposition, cadavres d'animaux, restes de plantes, fumier enfoui etc.; qu'elles ne mènent et n'achèvent dans le sol que des processus généralement déjà en train, favorisées seulement par l'abri qu'elles y trouvent, par l'humidité et les bases qu'elles peuvent lui emprunter; mais ne vivant qu'aux dépens de leurs substances de prédilection récemment incorporées au sol, ces microbes n'exercent leur action qu'autant que durent celles-ci, après quoi ils passent à l'état de formes de repos, qui peuvent se conserver indéfiniment dans la terre.

Si donc l'on s'entend — ce qui paraît logique — à considérer comme *biologiquement normal* un sol qui ne contient pas de corps organisés en voie de décomposition, ni généralement de matière fermentescible, telle que matière protéique ou amidée, hydrates de carbone, alcools supérieurs, certains acides organiques, etc., mais rien autre chose, comme aliment organique, que de la matière brune ou noire, on peut affirmer que le groupe en question y sera complètement inactif : il ne peut donc faire partie de la microflore d'un sol normal.

Par la méthode directe que nous préconisons [1], qui est basée sur l'étude microscopique de la terre, il est aisé de prouver cette manière de voir. En effet, l'examen microscopique le plus soigneux d'un sol normal ne découvre à l'état végétatif aucun des ferments actifs des substances ci-dessus citées : ni bacilles — qu'on croyait si caractéristiques du milieu terre —, ni levure,

---

[1] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1001.

ni mucédinées, etc. Ces microbes n'y sont présents qu'à l'état de formes résistantes, lesquelles, tantôt par leur nombre restreint, tantôt par leur petitesse et leur colorabilité difficile, échappent généralement à l'examen microscopique de la terre.

Veut-on les faire pulluler, il n'y a qu'à ajouter à la terre une substance organique appropriée de la catégorie de celles que nous avons cité. L'effet en est immédiat, mais éphémère, car les pullulations s'arrêtent, en ne laissant à la terre qu'une nouvelle réserve de formes de repos, aussitôt que les substances qui ont déclenché leur pullulation sont détruites.

Ces expériences des plus simples sont des plus démonstratives. Elles démontrent clairement que l'activité de ce groupe d'espèces microbiennes est bien liée à l'apport de substances étrangères à la terre arable et que, par conséquent, leur activité ne peut y être qu'intermittente, coupée qu'elle est, — autant qu'il s'agit du moins de la terre des champs, — par des périodes de repos plus longues que les périodes d'activité.

En laissant donc de côté ce groupe de microbes largement répandus dans tous les milieux et nullement spécial au milieu terre, il y a lieu de croire que la microflore propre à la terre arable normale est restée encore inconnue et que c'est là qu'il faudrait chercher les agents du processus de combustion lente, si caractéristique pour ce milieu naturel.

En effet, l'application de la méthode directe nous a permis de découvrir, dès le début de nos recherches au laboratoire de l'Institut Pasteur de Brie-Comte-Robert, un nombre d'espèces encore inconnues, peuplant une terre arable n'ayant reçu aucune fumure pendant plusieurs années.

On retrouvait une microflore pareille, mais plus abondante dans de la poudre de gadoue consommée, réduite à l'état de terreau noir inodore.

Le terreau brun provenant d'un fumier de cheval consommé laissait voir en abondance les mêmes organismes.

En ajoutant à la terre relativement pauvre de nos expériences de ces terreaux, noir ou brun, on y faisait pulluler les mêmes formes, et rien qu'elles.

Ces observations assez nombreuses et suivies nous portent à voir dans ce groupe des *organismes humicoles*, spécialement adaptés, par conséquent, au milieu qu'ils habitent, et c'est ce que nous voulons dire en les réunissant sous la désignation commune de *microflore autochtone* de la terre arable.

En attendant que l'hypothèse concernant leur fonction, quelque probable qu'elle puisse paraître, soit confirmée par des expériences directes que nous nous proposons d'exécuter, nous poursuivons l'étude botanique

du groupe, étude qui ne peut avancer que lentement, à cause du développement très lent de ces espèces et de la difficulté encore insurmontée de les isoler à l'état de pureté. Malgré cela, on arrive à les différencier et à les classifier, du moins provisoirement, grâce à leurs traits morphologiques assez saillants, touchant à des différences de taille, très considérables, au mode de division des cellules, à leur groupement en colonies caractéristiques, à la formation, très remarquable, de capsules ou de vraies kystes, et à d'autres caractères de moindre importance.

Un caractère commun à tous, c'est leur forme sphérique ou arrondie; à de rares exceptions près, ce sont des coccus, dont quelques-uns de vrais géants entre leurs congénères.

Pour avoir des colonies visibles à l'œil nu sur milieu solide, nous nous servons de milieux, composés de terre fine ou de terreau de gadoue ou de terreau de fumier, le tout gélatinisé par la gélose ou par l'hydrogel silicique. Si on dépose sur la surface de ces gelées opaques, après stérilisation, des particules de terre aussi minuscules que possible, on voit se former lentement autour de ces particules, comme centres, des colonies brunâtres, atteignant quelques millimètres de diamètre qui sont composées d'un mélange des espèces autochtones observées dans la terre. Il est probable qu'on réussira à dissocier ce mélange au moyen de milieux du même genre imitant autant que possible les conditions naturelles. Mais ce travail demande du temps.

ÉLECTRICITÉ. — *Abaque pour le calcul des constantes caractéristiques des lignes de transmission aérienne à haute tension.* Note de M. A. BLONDEL.

L'emploi des abaques hyperboliques (1) et plus généralement de toutes les méthodes de calcul de la propagation des courants périodiques, exige des calculs préalables un peu pénibles pour la détermination des deux constantes dites impédance caractéristique et constante de propagation. Ces calculs pourront être évités par des abaques nouveaux qui donnent directement la valeur de ces constantes en fonction des données de construction de la ligne (supposée polyphasée pour plus de généralité).

(1) Cf. A. BLONDEL, *Calcul électrique des lignes haute tension* (*Revue générale d'Électricité*, t. 8, 1920, p. 163 et suiv.). — BLONDEL et LAVANCHY, *Applications, etc.* (*Ibid.*, p. 667 et suiv.). — Voir aussi : A. BLONDEL et LAVANCHY, *Résumé pratique du calcul électrique des transmissions d'énergie* (*Revue générale d'Électricité*, t. 14, 1923, p. 775).

Soient a le rayon des conducteurs, d la distance entre les axes des conducteurs, $f = \frac{1}{T}$ la fréquence, ω la vitesse de pulsation (en appelant T la période) $\omega = 2\pi f$, puis r, l, c, g les résistance, inductance, capacité et perditance kilométriques.

Les constantes vectorielles en notation symbolique ($j = \sqrt{-1}$ étant le symbole des grandeurs imaginaires) ont pour expression :

Impédance vectorielle par kilomètre :

$$\overline{z} = r + j\omega l; \tag{1}$$

Admittance vectorielle :

$$\overline{w} = g + j\omega c; \tag{2}$$

Impédance caractéristique :

$$\overline{m} = \sqrt{\frac{\overline{z}}{\overline{w}}} = \sqrt{\frac{r + j\omega l}{g + j\varpi c}}; \tag{3}$$

m est homogène à une impédance.

Constante de propagation (qui est un nombre) :

$$\overline{n} = \sqrt{\overline{z}\,\overline{w}} = \sqrt{(r + j\omega l)(g + j\omega c)}. \tag{4}$$

Pour établir les abaques de (3) et (4), remplaçons ces formules par les deux suivantes :

$$\overline{m} = \sqrt{\frac{l}{c}} \frac{\sqrt{1 - \frac{jr}{\omega l}}}{\sqrt{1 - \frac{jg}{\omega c}}} \tag{5}$$

et

$$n = \omega\sqrt{lc}\sqrt{1 - \frac{jr}{\omega l}}\sqrt{1 - \frac{jg}{\omega c}}, \tag{6}$$

dans lesquelles le premier radical met en évidence simplement l'inductance et la capacité; la résistance et la perditance figureront seulement dans les radicaux correctifs

$$\sqrt{1 - \frac{jr}{\omega l}} \quad \text{et} \quad \sqrt{1 - \frac{jg}{\omega c}}.$$

La perditance est une grandeur faible, très variable suivant les conditions atmosphériques : température, etc., et qu'on ne peut évaluer que par des formules empiriques de Peek; on cherche toujours à la rendre aussi petite

que possible en prenant les conducteurs assez gros et suffisamment écartés; nous pouvons donc provisoirement remplacer par l'unité le radical collectif contenant g et le réserver pour un calcul de seconde approximation.

Pour les lignes de transport d'énergie, la vitesse de pulsation $\omega = 2\pi f$ a été normalisée dans la plupart des pays à la valeur 314 correspondant à $f = 50$ périodes par seconde ([1]); nous posons donc $\omega = 314$.

On a pour la réactance et la capacitance les formules connues :

$$\omega l = 2\pi f \left(0,5 + 2 \log_e \frac{d}{a}\right) 10^{-4} \text{ ohm/km}, \tag{7}$$

(8) ([2])

$$\omega c = \frac{2f}{10 \log_e \frac{d}{a}} 10^{-6} \text{ mho/km}.$$

Prenons, comme variable, le rapport $\frac{d}{a}$ auquel on peut donner le nom d'*espacement relatif des conducteurs*. Ce rapport n'entre que sous le symbole logarithmique. On est ainsi conduit à tracer des abaques cartésiens dont les abscisses portent une division logarithmique; sur cet axe on portera les valeurs de $x = \text{lov}\,\frac{d}{a}$, en appelant *lov* les logarithmes vulgaires; la division permettra de lire directement $\frac{d}{a}$ lui-même au lieu de la variable x.

Les formules (7) et (8) s'écrivent :

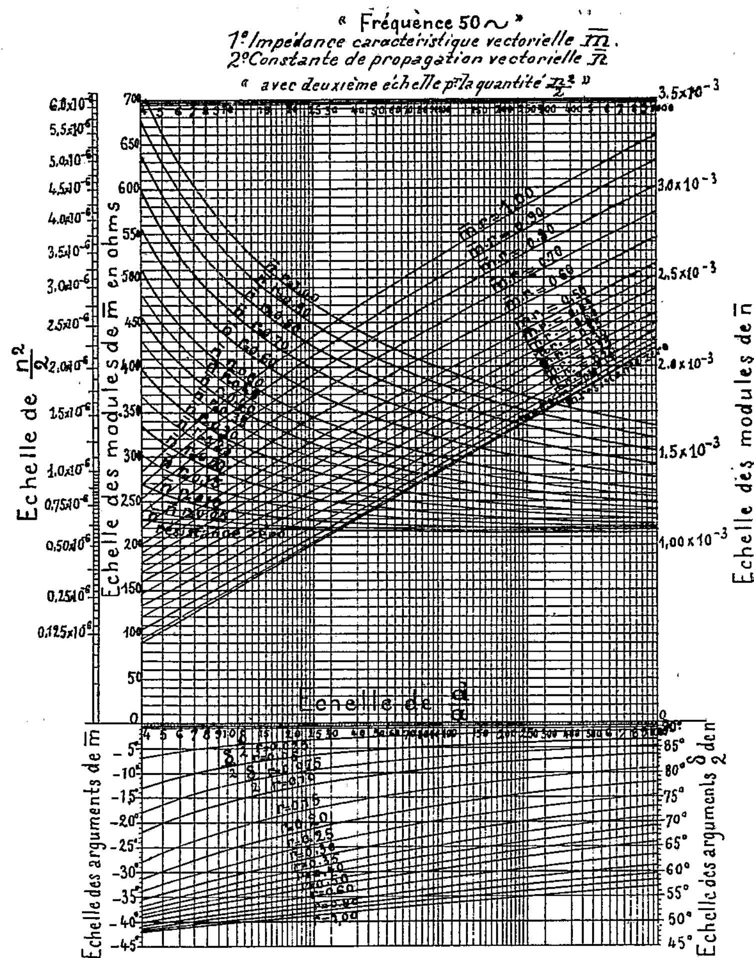
$$\omega l = 4\pi f\, 10^{-4}\, (0,25 + x \,\text{lov}\, e = y', \tag{9}$$

$$\omega c = \frac{2\pi f . 10^{-6}}{18 \times \text{lov}\, e} = y'', \tag{10}$$

([1]) On trouve exceptionnellement en France quelques réseaux à 25 périodes, d'où $\omega = 157$, et en Amérique à 60 périodes, d'où $\omega = 377$. Il n'est donc pas nécessaire de tracer des abaques pour toutes les valeurs des fréquences; il suffit d'établir des abaques spéciaux pour les fréquences 25, 50 et 60 périodes; et encore, comme on le verra plus loin, on peut, pour la fréquence 25, utiliser très facilement les abaques établis pour la fréquence 50.

([2]) La formule (8) suppose négligeable la correction de la capacitance due à la capacité de l'ensemble des conducteurs par rapport au sol. Cette correction est en général très faible parce que les capacités des différents conducteurs parcourus par rapport au sol tendent à se compenser mutuellement par suite des décalages de phase entre les courants de ces conducteurs. Par exemple, un système de trois conducteurs triphasés n'a qu'une capacité sensiblement nulle par rapport au sol lorsqu'il est à une distance suffisante de celui-ci. L'augmentation de la tension normale force bien à écarter entre eux les conducteurs; mais en même temps, en pratique, on prend des pylônes plus élevés, ce qui compense l'effet d'augmentation de cet écartement. Étant donnée l'incertitude qui règne toujours sur la perditance et sur le degré d'approximation dont on peut se contenter dans ces calculs, nous croyons donc pouvoir complètement négliger la correction de la capacité par rapport au sol.

en appelant y' et y'' les ordonnées des courbes à déterminer. La première représente (pour f donné) une simple droite, la seconde une hyperbole



Abaque des constantes caractéristiques des lignes, en jonction de l'espacement relatif $\frac{d}{a}$ des conducteurs et de leur résistance kilométrique.

équilatère. On a tracé ainsi un abaque de z et w (modules et arguments) que je ne reproduis pas ici.

De même, pour chaque valeur de x, on déduit par (5) et (6) les valeurs de m et n dans l'hypothèse $r = 0$, $g = 0$:

$$\overline{m}_0 = \sqrt{\frac{y'}{y''}}\,\underline{|0^\circ}, \tag{11}$$

$$\overline{n}_0 = \sqrt{y'y''}\,\underline{|90^\circ}. \tag{12}$$

On obtient ainsi les deux courbes des modules m_0, n_0 tracées sur l'abaque de la figure, et rapportées au même système d'abscisses que ci-dessus. Puis on y ajoute deux familles de courbes correspondant aux diverses valeurs du facteur correctif $\sqrt{1 - \frac{jr}{\omega l}}$.

Posons

$$\operatorname{tang}\delta = \frac{r}{\omega l};$$

le facteur correctif ξ peut alors s'écrire

$$(13) \qquad \overline{\xi} = \sqrt[4]{1 + \left(\frac{r}{\omega l}\right)^2}\left(\cos\frac{\delta}{2} - j\sin\frac{\delta}{2}\right) = \frac{\cos\frac{\delta}{2} - j\sin\frac{\delta}{2}}{\sqrt{\cos\delta}}.$$

En notations vectorielles, c'est-à-dire en indiquant simplement le module et l'angle d'argument, cette formule équivaut à la suivante :

$$(14) \qquad \xi = \frac{1}{\sqrt{\cos\delta}} \underline{\left| -\frac{\delta}{2} \right.} \quad (^1).$$

Grâce au fait que le diamètre des conducteurs ne figure pas dans les formules (9) et (10), ξ et δ ne dépendent que de la résistance r et non de la nature du métal employé pour le cuivre.

On obtient donc les courbes des modules de m et de n en multipliant les ordonnées des courbes m_0 et n_0 par le facteur correctif ξ, pour différentes valeurs de r; et l'on porte au-dessous de l'axe des abscisses des ordonnées indiquant les angles correctifs $\frac{\delta}{2}$ pour les arguments négatifs de $\overline{m}$, comptés de 0° à $-45°$, et $90° - \frac{\delta}{2}$ pour les arguments de $\overline{n}$ comptés à partir de 90°.

L'emploi de l'abaque est des plus simples.

Quand on a à calculer une ligne, on se donne l'espacement des câbles, leur diamètre et la résistance indiquée par le constructeur; on en déduit immédiatement l'espacement relatif $\frac{d}{a}$. Au point de l'échelle logarithmique qui correspond à ce chiffre, on trace une droite perpendiculaire et on lit les

(1) Le facteur de correction ξ', de la perditance, s'écrirait symétriquement en introduisant un angle auxiliaire δ',

$$(15) \qquad \operatorname{tang}\delta' = \frac{g}{\omega c},$$

$$(16) \qquad \xi' = \frac{1}{\sqrt{\cos\delta'}} \underline{\left| -\frac{\delta'}{2} \right.}.$$

ordonnées du module et de l'angle sur les courbes qui correspondent à la résistance indiquée; on interpole s'il y a lieu.

L'abaque de la figure établi pour le calcul de l'impédance vectorielle $\overline{m}$ et de la constante de propagation vectorielle $\overline{n}$ des lignes industrielles à fréquence 50 peut servir pour la fréquence 25 en conservant l'échelle de l'impédance m, en doublant les chiffres de l'échelle de la constante n et en divisant par 2 les valeurs de la résistance r inscrites sur les différentes courbes, car c'est le moyen direct de conserver pour le rapport $\frac{r}{\omega l}$ qui caractérise ces courbes la même valeur qu'à 50 périodes.

J'établis un autre abaque pour les lignes téléphoniques en prenant comme vitesse de pulsation $\omega = 5000$ suivant l'usage, au lieu de 314.

L'abaque des m et n porte en outre sur la gauche une échelle des modules de $\frac{n^2}{2} = \frac{wz}{2}$, pour faciliter l'emploi des constructions graphiques approchées que j'ai publiées autrefois [1], dans lesquelles le vecteur $\frac{wz}{2}$ joue un rôle important, car il suffit de le retrancher de la tension d'arrivée à vide pour en déduire la tension de départ à vide correspondante; l'argument de ce vecteur est $\pi - \delta$ et se lit en doublant les chiffres de l'échelle des arguments portés à droite de l'abaque.

Correction de la perditance. — Pour les lignes usuelles, cette perditance est toujours très faible (par exemple, elle est de l'ordre de 10^{-8} mho pour les lignes aériennes à haute tension); elle ne modifie donc pas d'une manière sensible les modules de m et de n mais seulement la valeur des arguments; si l'on appelle θ' l'argument de l'admittance, $\theta' = \text{arc tang}\frac{\omega c}{g}$, on devra retrancher $\frac{\theta'}{2}$ de l'argument de m et ajouter au contraire $\frac{\theta'}{2}$ à l'argument de n; et θ' se déduit immédiatement de

$$\theta' = 90° - \text{arc tang}\frac{g}{\omega c} \simeq 90° - \frac{360°.g}{2\pi\omega c}$$

en remplaçant, avec une approximation très suffisante, la tangente par l'arc correspondant. ωc se lit sur un abaque auxiliaire.

(1) *L'Éclairage électrique*, t. 49, 1906, p. 121 et suivantes; et *La Lumière électrique*, t. 1, 2e série, 1908, p. 395; t. 2, 1908, p. 367; t. 7, 1909, nos 35, 36, et t. 8, 1909, no 38.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la loi de perception à la limite de la portée des éclats des signaux lumineux.* Note de MM. **André Blondel** et **Jean Rey.**

La nouvelle Note que vient de publier M. Henri Piéron sur l'excitation lumineuse de la rétine par éclats brefs ([1]) met en évidence que cet auteur ne poursuit pas l'étude du même problème que celui que nous avons étudié nous-mêmes. S'il a pu croire le contraire, c'est par suite d'une confusion de terminologie. M. Piéron appelle en effet « excitation lumineuse de la rétine par *éclats* brefs » ce que, dans le langage photométrique rigoureux défini par les Congrès internationnanx de Photométrie, on doit appeler une excitation par des « *éclairements* brefs » ([2]).

La loi que nous avons établi est uniquement destinée, comme nous l'avons exposé dans de nombreux travaux, à rechercher les conditions optima d'émission des signaux des phares ou des signaux analogues produits par des sources qui, destinés à être observées à grande distance, se comportent toujours pour l'observateur comme des sources *ponctuelles*.

Dès 1893 ([3]), l'un de nous a montré que la loi linéaire se raccorde à une loi exponentielle, contrairement à ce qu'avaient admis antérieurement Bloch et Charpentier.

Puis, dans les travaux que nous avons entrepris en collaboration ([4]), nous avons établi, d'autre part, que la loi de Bloch n'était exacte que pour des durées très courtes et que, entre celles-ci et la limite supérieure mentionnée ci-dessus, de laquelle la loi de Bloch devient la loi à appliquer pour la limite de portée des signaux de phare est de la forme : $it = a + bt$. Si cette loi se trouve en concordance avec celle que Norweg a établie pour la quantité d'électricité liminaire, c'est là une concordance satisfaisante pour

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 966.

([2]) L'abus que l'on fait du mot « éclat » par des acceptions tout à fait différentes (en astronomie, « éclat d'une étoile », pour signifier « intensité lumineuse d'une étoile » ; en photométrie ancienne « éclat d'une source » pour définir la « brillance » ; en technique, « éclat d'un phare » pour signifier le « faisceau tournant d'une lentille de phare », etc.) conduit ainsi à de regrettables confusions. Il serait fort désirable de renoncer à l'emploi de ce vocable équivoque.

([3]) *Proc. Maritime International Congress*, Londres 1893.

([4]) *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 54, et t. 168, 1916, p. 587.

l'esprit, mais qui ne présente aucun caractère de nécessité physiologique; car, ainsi que le fait remarquer M. Piéron, les lumières ponctuelles que nous avons étudiées peuvent n'exciter sur la rétine qu'un seul cône ou qu'un seul bâtonnet (sous réserve de la diffusion de l'image lumineuse) et présentent par conséquent un caractère tout à fait spécial au point de vue physiologique.

M. Piéron, qui a étudié l'excitation de la rétine par des *plages* lumineuses de dimensions *finies*, a cru voir une opposition entre ses résultats et les nôtres; en réalité, il n'y a entre eux aucune commune mesure puisqu'ils se rapportent à des phénomènes expérimentaux tout à fait différents.

Il nous est d'ailleurs difficile de nous faire, d'après les publications de M. Piéron, une idée exacte des conditions dans lesquelles il opère, car il n'a pas indiqué les dimensions des sources qu'il étudie ni la façon dont il définit l'égalité des visibilités limites; s'il parle bien de sensations liminaires, il ne paraît pas avoir, comme nous, défini la portée limite par la disparition de la sensation.

Il est à remarquer que, dans nos expériences, l'apparition et la disparition de la lumière brève ne sont pas appréciées par l'observateur lui-même, mais par un contrôleur qui note simplement les résultats qu'indique l'observateur, lequel reste toujours dans l'ignorance des conséquences à en déduire, et est mis par conséquent à l'abri de tout phénomène d'auto-suggestion. Si nous avons employé un grand nombre d'opérateurs n'ayant pas d'entraînement spécial, c'est justement pour éviter qu'ils aient des idées préconçues comme peuvent en avoir des opérateurs sélectionnés et entraînés. Nous avons cherché une loi qui puisse s'appliquer à la perception des signaux maritimes pour des observateurs quelconques, car les marins ne sont pas des hommes de laboratoire entraînés à la recherche physiologique (1).

Nos nouvelles expériences (2) nous ont permis de constater que notre loi n'est pas infirmée par des erreurs systématiques et reste applicable sans changement pour la signalisation maritime, signalisation dans laquelle il

---

(1) Nous nous sommes inspirés à ce point de vue des mêmes idées que celles dont s'inspirent les photométristes américains qui ont établi la courbe de visibilité *moyenne* de l'œil humain pour les différentes radiations en opérant sur un très grand nombre d'observateurs inexpérimentés, justement dans le but d'obtenir une moyenne applicable à l'homme normal, pas plus qu'eux, nous n'avons l'illusion de croire que les constantes que nous avons déterminées aient un caractère absolu et ne puissent varier avec les individus.

(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 276.

est d'ailleurs *impossible* de réaliser des signaux de durée inférieure au $\frac{1}{50}$ de seconde.

Puisque M. Piéron estime, réciproquement, que nos expériences ne peuvent rien prouver contre ses conclusions en ce qui concerne l'étude qu'il a entreprise de son côté, il n'y a pas lieu, croyons-nous, de prolonger un débat qui provenait d'un malentendu. Dans nos expériences, nous signalons cependant que nous avons pris toutes les précautions nécessaires pour assurer l'accommodation de l'œil au moyen de verres correctifs placés dans l'œilleton et pour fixer l'œil au moyen d'un petit index blanc placé immédiatement au-dessus du point lumineux à étudier, la direction de l'œil de façon que les images fussent reçues autant que possible sur la fovéa. Nous ne nous dissimulons pas d'ailleurs que, malgré ce procédé de fixation, la mobilité de l'œil peut amener de temps en temps l'image lumineuse brève sur des bâtonnets plutôt que sur des cônes, et rend ainsi très difficile d'obtenir des séries d'observations très concordantes.

Il nous semble, du reste, bien difficile d'obtenir en optique physiologique des lectures aussi concordantes entre elles que celles publiées par M. Piéron, surtout quand on est obligé d'arrêter et de régler l'appareil entre chaque série de lectures; c'est pourquoi notre nouvel appareil a été disposé de manière à permettre de faire immédiatement les comparaisons de cinq durées d'éclairement avec un même produit *it*, sans avoir à arrêter l'appareil. Ce dernier réalise, à ce point de vue, un progrès notable sur ceux antérieurement employés.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Image en un point et image dans un plan des réseaux et congruences d'un espace d'ordre six. Application aux congruences* W. Note de **M. C. Guichard.**

Je désigne par x_1, x_2, ..., x_6 les coordonnées d'une droite, ces coordonnées étant liées par la relation

$$x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_6^2 = 0.$$

Les coordonnées vectorielles de la même droite, X_1, X_2, X_3, L_1, L_2, L_3 sont

$$X_1 = x_1 + ix_2, \quad X_2 = x_3 + ix_4, \quad X_3 = x_5 + ix_6,$$
$$L_1 = x_1 - ix_2, \quad L_2 = x_3 - ix_4, \quad L_3 = x_5 - ix_6.$$

Cela posé, je prends une congruence G située dans un espace d'ordre six;

les paramètres $a_1, a_2, \ldots, a_6$ de la droite G sont des fonctions de u et v qui vérifient l'équation

$$(1) \qquad \frac{\partial^2 a}{\partial u\, \partial v} = \mathrm{P}\frac{\partial a}{\partial u} + \mathrm{Q}\frac{\partial a}{\partial v} + \mathrm{R}a.$$

L'équation

$$(2) \qquad a_1 x_1 + a_2 x_2 + \ldots + a_6 x_6 = 0$$

définit une famille de complexes linéaires dépendant de deux paramètres. Cette famille ne change pas si l'on remplace la congruence G par une congruence parallèle. Soient maintenant S un point fixe, Π le plan polaire de S par rapport au complexe; ce plan Π dépend de deux paramètres u et v; si u varie seul, le plan Π enveloppe un cône qu'il touche suivant une droite Sα; soit de même Sβ la caractéristique de Π quand v varie seul. Si M est un point quelconque de Sα, le point M, quand u varie seul, décrit une courbe tangente au plan Π; on a des propriétés analogues pour Sβ. Il en résulte que les deux droites Sα et Sβ définissent ce que j'ai appelé un *réseau-point;* Sβ est la première tangente du réseau; Sα la seconde.

Ce réseau-point est l'image en S *de la congruence* G. L'équation (2) s'écrit en coordonnées vectorielles

$$(a_1 - i a_2)\mathrm{X}_1 + (a_1 + i a_2)\mathrm{L}_1 + \ldots = 0.$$

Si le point S est l'origine des coordonnées, la normale au plan Π a pour paramètres

$$a_1 - i a_2, \quad a_3 - i a_4, \quad a_5 - i a_6.$$

On en déduit le résultat suivant :

Tout réseau-point S *est l'image d'une infinité de congruences* G; *pour toutes ces congruences l'équation* (1) *reste la même.*

Soient maintenant P un plan fixe, M le pôle de P; quand u et v varient le point M décrit un réseau-plan. *Ce réseau-plan est l'image de la congruence* G *dans le plan* P. Si le plan P est le plan x_1, x_2, les coordonnées homogènes de M sont

$$-(a_3 - i a_4), \quad a_1 - i a_2, \quad a_5 + i a_6;$$

donc, *tout réseau-plan est l'image d'une infinité de congruences* G *pour lesquelles l'équation de Laplace est la même.*

Soient maintenant R un réseau, d'un espace d'ordre six; $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_6$; $\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_6$ les paramètres normaux des tangentes à ce réseau. Je consi-

dère les deux équations

$$(3)\quad \begin{cases} \xi_1 x_1 + \xi_2 x_2 + \ldots + \xi_6 x_6 = 0, \\ \eta_1 x_1 + \eta_2 x_2 + \ldots + \eta_6 x_6 = 0. \end{cases}$$

Ces équations représentent une congruence linéaire dépendant de deux paramètres u et v, congruence qui ne change pas quand on remplace le réseau R par un réseau parallèle.

Si S est un point fixe, la droite Δ de la congruence qui passe par S décrit une *congruence-point;* cette congruence-point est *l'image en* S *du réseau* R.

Si P est un plan fixe, D la droite de la congruence située dans ce plan, la droite D engendre une congruence plane qui est *l'image du réseau* R *dans le plan* P.

La congruence (3) admet, en général, deux directrices δ et δ'; ces droites δ et δ' décrivent des congruences, non rapportées à leurs développables; ces droites correspondent aux tangentes isotropes du réseau R. Les droites Δ et D rencontrent δ et δ'.

Si le réseau R est le premier réseau focal de G, la droite Δ coïncide avec Sβ, c'est-à-dire avec la première tangente du réseau S; la droite D coïncide avec la seconde tangente du réseau M. On voit qu'à une transformation de Laplace dans l'espace d'ordre six, correspond une transformation *de même sens pour l'image en* S et de *sens contraire pour l'image dans le plan* P.

Si la congruence G et le réseau R sont harmoniques, le complexe (2) fait partie du faisceau défini par la congruence (3); il en résulte que la droite Δ est située dans le plan S$\alpha\beta$. On voit facilement que la congruence-point Δ et le réseau-point S$\alpha\beta$ sont harmoniques; donc :

A un réseau et une congruence harmonique dans un espace d'ordre six correspondent dans l'image S *une congruence-point et un réseau-point harmoniques.*

De même :

A un réseau et une congruence harmonique dans un espace d'ordre six correspondent dans l'image P *une congruence plane et un réseau-plan conjugués.*

En prenant les propriétés focales on en déduit :

A un réseau et une congruence conjugués correspondent dans l'image S *une congruence-point et un réseau-point conjugué; dans l'image* P *une congruence plane et un réseau-plan harmoniques.*

Si le réseau R est un réseau N, les deux complexes (3) sont spéciaux; les axes de ces complexes sont les tangentes asymptotiques d'une surface A;

la congruence (3) est formée de l'ensemble des droites passant par A ou situées dans le plan tangent en A.

Il en résulte que la droite Δ est la droite SA; la congruence-point Δ est une congruence de Ribaucour [théorème de M. Kœnigs]. Réciproquement, si Δ est une congruence de Ribaucour, il y correspond une infinité de surfaces A qui se déduisent de l'une d'entre elles par une homologie de centre S.

La droite D est la trace du plan tangent en A sur le plan P; j'ai déjà montré que cette droite décrit une congruence plane orthogonale à une congruence de Ribaucour.

Si la congruence G est une congruence I, le complexe (1) est spécial; sa directrice H décrit une congruence W dont les surfaces focales A et A' sont rapportées à leurs asymptotiques; et réciproquement à toute congruence W rapportée aux asymptotiques de ses focales correspond une congruence I. Si v varie seul, la droite H décrit une surface réglée; il existe sur H un point E tel que le plan tangent à cette surface passe par S; il y a un autre point F qui possède la même propriété quand u varie seul. Le réseau-point S a pour tangentes SE et SF.

Une congruence I est harmonique à deux réseaux N; ces réseaux N correspondent aux focales A et A' de la congruence W déduite de I. Le réseau point S est donc harmonique à une congruence de Ribaucour.

Je désigne par Ω un réseau qui, dans un espace d'ordre quelconque, est harmonique à une congruence de Ribaucour. Il est facile de caractériser ces réseaux, soient $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n$; $\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_n$ les paramètres normaux du réseau Ω; on a

$$\frac{\partial \xi_i}{\partial v} = n\eta_i, \qquad \frac{\partial \eta_i}{\partial u} = m\xi_i.$$

Les paramètres directeurs d'une congruence harmonique sont

$$X_i = r\xi_i - q\eta_i,$$

q et r satisfaisant aux équations

$$(4) \qquad \frac{\partial q}{\partial v} = nr, \qquad \frac{\partial r}{\partial u} = mq.$$

L'équation à laquelle satisfont les X est

$$\frac{\partial^2 X}{\partial u\, \partial v} = \frac{1}{r}\frac{\partial r}{\partial v}\frac{\partial X}{\partial u} + \frac{1}{q}\frac{\partial q}{\partial u}\frac{\partial X}{\partial v} + RX,$$

R étant une expression qu'il est inutile de calculer. Pour que cette équation

soit à invariants égaux il faut que

$$\frac{\partial^2 lr}{\partial u \partial v} = \frac{\partial^2 \log q}{\partial u \partial v}.$$

Par un choix convenable des variables u et v on peut supposer

$$q = e^{i\varphi}, \qquad r = ie^{i\varphi};$$

par suite,

$$n = \frac{\partial \varphi}{\partial v}, \qquad m = -\frac{\partial \varphi}{\partial u}.$$

Les rotations du réseau Ω *sont les mêmes que celles d'un réseau* O *plan. Donc, l'équation de Laplace d'un réseau* Ω *est la même que celle d'un réseau* O *plan.*

Si l'on prend l'image de la congruence I sur un plan P, on voit que le point M est la trace de la droite H sur P; le réseau M est conjugué à une congruence orthogonale à une congruence de Ribaucour; par conséquent le réseau orthogonal à M est Ω.

On a donc les résultats suivants :

L'image en un point S *d'une congruence* I *est un réseau-point* Ω; *l'image dans un plan* P *de cette congruence est un réseau-plan orthogonal à un réseau* Ω.

ÉLECTIONS

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger, en remplacement de M. *Van der Waals* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 56,

M. Serge Winogradsky	obtient	50 suffrages
M. Kamerlingh Onnes	»	3 »
M. Torres Quevedo	»	3 »

M. **Serge Winogradsky**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Cinquantenaire du décès de* CLAUDE GAY, 16 décembre 1923 (transmis par la Société d'études scientifiques et archéologiques de Draguignan).

2° TH. MOREUX. *Construisez donc vous-même votre poste de téléphonie sans fil.*

3° FRANÇOIS BOUNY. *Leçons de Mécanique rationnelle.* Tome premier : *Calcul vectoriel. — Cinématique. — Statique. — Potentiel.* (Présenté par M. P. Appell.)

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les nombres complexes à n^2 unités relatives.* Note de M. **HERBERT ORY.**

Le but essentiel de toute théorie des nombres est l'étude des relations entre *nombres entiers*. Si l'on veut ériger l'arithnomie d'un corps de nombres donné, il faut donc, tout d'abord, en séparer les éléments en *entiers* et *non entiers*. Différents essais ont été faits à ce sujet. Dans son arithnomie des quaternions, Lipschitz [1] appelle *entier* le quaternion $a_0 + a_1 e_1 + a_2 e_2 + a_3 e_3$ dans lequel les coordonnées a_0, a_1, a_2, a_3 sont des nombres entiers ordinaires. Cette définition, toute naturelle qu'elle paraisse, conduit à de curieuses exceptions aux règles de l'arithmétique classique. Hurwitz [2] a montré que pour les faire disparaître, il suffit de donner une autre définition de l'entier. Il appelle *quaternion entier* un quaternion de la forme

$$g = m_0 \rho + m_1 e_1 + m_2 e_2 + m_3 e_3,$$

où les m sont des nombres entiers et où $\rho = \frac{1}{2}(1 + e_1 + e_2 + e_3)$. Cette définition lui permet d'étendre aux quaternions les théories fondamentales de l'arithmétique.

D'autres auteurs [3] ont démontré que dans certains systèmes de nombres complexes, il est possible de définir l'*entier* de telle façon que l'arithnomie qui en découle soit semblable à l'arithmétique classique. Pour donner une définition appropriée de l'entier, on peut procéder par analogie avec la

---

(1) R. LIPSCHITZ, *Untersuchungen über die Summen von Quadraten*, Bonn, 1886; trad. par J. MOLK, *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1886, p. 373-439.

(2) R. HURWITZ, *Vorlesungen über die Zahlentheorie der Quaternionen*, Berlin, 1919.

(3) Voir, en particulier, L.-G. DU PASQUIER, *Sur les nombres complexes de deuxième et de troisième espèce* (*Nouvelles Annales de Mathématiques*, t. 18, p. 448-461).

théorie des nombres ordinaires. Les complexes entiers doivent répondre aux propriétés caractéristiques suivantes (1) :

1° Ils doivent former un domaine d'intégrité $\{\mathfrak{K}\}$, c'est-à-dire se reproduire par addition, soustraction et multiplication;

2° Ce domaine doit posséder une base finie $[t_1, t_2, \ldots, t_n]$. Autrement dit, tous les complexes t du domaine, et uniquement ceux-là, sont contenus dans l'expression

$$t = m_1 t_1 + m_2 t_2 + \ldots + m_n t_n,$$

quand on fait parcourir aux m_i, indépendamment les uns des autres, tous les nombres entiers de $-\infty$ à $+\infty$;

3° Le domaine d'intégrité $\{\mathfrak{K}\}$ doit être maximal, c'est-à-dire qu'il ne doit exister dans le corps de nombres envisagé aucun autre domaine d'intégrité contenant tous les éléments de $\{\mathfrak{K}\}$ et en plus encore d'autres éléments.

A l'aide de ces considérations, j'ai étudié une classe très étendue de nombres complexes, les nombres à ν^2 unités relatives, appelés par M. Cartan m^2-ions, et par M. Du Pasquier (2) tettarions (duotettarions, tritettarions, ..., ν-tettarions, suivant que $\nu = 2, 3, \ldots, \nu$).

J'ai réussi à démontrer qu'un corps de ν-tettarions rationnels (un tettarion rationnel est celui dont toutes les coordonnées sont des nombres rationnels) peut être séparé d'une infinité de façons différentes en « entiers » et « non entiers » de façon à en rendre l'arithnomie semblable à l'arithmétique classique.

Ce fait est important puisque tous les systèmes simples de nombres complexes se ramènent à des systèmes de ν-tettarions.

Deux études (3), dans lesquelles la propriété que je viens d'énoncer a été démontrée pour les corps des duotettarions et des tritettarions rationnels, ont servi de base à mes recherches. J'ai quelque peu modifié les méthodes compliquées qui y sont usitées, afin de pouvoir donner la démonstration générale du théorème fondamental suivant :

Tout domaine d'intégrité de ν-tettarions rationnels peut, à l'aide d'une per-

---

(1) Voir l'ouvrage déjà cité de A. HURWITZ et aussi L.-G. DU PASQUIER, *Sur l'arithmétique des nombres hypercomplexes* (*L'Enseignement mathématique*, t. 18, 1916, p. 201-259).

(2) M. Du Pasquier n'envisage que des complexes à coordonnées réelles.

(3) L.-G. DU PASQUIER, *Ueber holoide Systeme von Düotettarionen*, Zürich 1909. — HERBERT ORY, *Sur les systèmes holoïdes de Tritettarions*, Thèse, Neufchâtel, 1924.

mutation convenablement choisie, être transformé en un autre domaine d'intégrité dont les ν-tettarions sont tous à coordonnées entières.

De ce théorème on déduit facilement et par les mêmes procédés que ceux utilisés dans les deux travaux précipités, les propriétés suivantes :

1° Tout domaine d'intégrité déduit d'un domaine maximal de ν-tettarions rationnels par une permutation est lui-même maximal.

2° Le domaine $[g]$ composé de tous les ν-tettarions à coordonnées entières est maximal.

3° Il existe une infinité de domaines d'intégrité maximaux. Chacun d'eux est une permutation du domaine $[g]$ constitué par tous les ν-tettarions à coordonnées entières.

Un domaine maximal constitue un système de nombres entiers. Ses éléments satisfont aux conditions énumérées plus haut qui caractérisent les nombres entiers. Ce sont eux qu'on appelle des *ν-tettarions entiers*.

Or il arrive que certains ν-tettarions appartiennent à la fois à un domaine maximal $\{M\}$ et à un domaine non maximal $\{K\}$. On ne pourra les appeler entiers que par rapport aux domaines maximaux auxquels ils appartiennent. Je donne donc la définition suivante du ν-tettarion entier :

Définition. — Un ν-tettarion est dit *entier par rapport au domaine* $\{M\}$ s'il appartient à ce domaine et que celui-ci soit en même temps maximal.

Avec cette définition on peut transporter dans le corps des ν-tettarions rationnels la théorie du plus grand commun diviseur, celle des nombres premiers, celle des congruences et autres théories fondamentales de l'arithmétique.

ALGÈBRE. — *Théorème sur les équations.* Note de M. A. **Pellet**.

Soit l'équation

$$f(x) = a_0 + a_1 x^{n_1} + \ldots + a_i x^{n_i} + \ldots + a_m x^{n_m} = 0,$$

où n_1, n_2, ..., n_i, ..., n_m sont des entiers positifs allant en croissant. Posons

$$\varphi(y) = a_0 + a_1 x_0^{n_1 - 1} y + \ldots + a_i x_0^{n_i - i} y^i + \ldots + a_m x_0^{n_m - m} y^m,$$

et prenons pour x_0 la racine ou l'une des racines de plus petit module de $f(x) = 0$. La racine de plus petit module de $\varphi(y) = 0$ est x_0. En effet formons le quotient $\frac{\varphi(y)}{y - x_0}$; il vient, en tenant compte de l'équa-

tion $f(x_0) = 0$,

$$-\frac{a_0}{x_0} + \ldots + a_m x_0^{n_m - m} y^{m-1},$$

les termes non écrits contenant y à une puissance inférieure à $m - 1$. Le module de $\frac{a_0}{a_m}$ est $\geqq |x_0|^{n_m}$, l'égalité n'ayant lieu que si toutes les racines de $f(x) = 0$ ont même module. On en déduit que le produit des racines de $\frac{\varphi(y)}{y - x_0}$ a un module supérieur ou égal à $|x_0|^{m-1}$ et par suite les modules des racines de cette dernière équation sont supérieurs ou égaux à $|x_0|$. Désignant par r le module de x_0, on a

$$\frac{m(m-1)\ldots(m-i+1)}{1.2\ldots i}\left|\frac{a_i}{a_0}\right| \geqq r^{n_i}.$$

De même R étant le module de la racine de plus grand module de l'équation $f(x) = 0$, on a

$$R^{n_m - n_i} \geqq \frac{1.2\ldots i}{m(m-1)\ldots(m-i+1)}\left|\frac{a_m}{a_i}\right|.$$

De ce théorème on déduit facilement les propositions de M. Montel sur le module de la plus petite racine d'une équation (¹).

GÉOMÉTRIE. — *Sur le déplacement parallèle le plus général et sur les formules de Frenet.* Note (²) de M. G. **Juvet**.

M. J. A. Schouten (³) a obtenu, dans un Mémoire sur le déplacement parallèle le plus général, les formules suivantes, pour la dérivée covariante $\xi^\lambda/_\mu$ la plus générale d'un champ vectoriel contravariant ξ^λ, plongé dans une variété V_n quelconque

$$\xi^\lambda/_\mu = \frac{\partial \xi^\lambda}{\partial x^\mu} + \Gamma^\lambda_{\nu\mu}\xi^\nu,$$

avec

$$\Gamma^\lambda_{\nu\mu} = \left\{ \begin{matrix} \nu\mu \\ \lambda \end{matrix} \right\} + T_{\nu\mu}^{\cdot\cdot\lambda},$$

$T_{\nu\mu}^{\cdot\cdot\nu}$ étant un tenseur qui s'exprime en fonction de deux champs donnés arbitrairement, dont l'un $Q_\mu^{\cdot\alpha\beta}$ est la dérivée covariante du tenseur métrique

(¹) *Annales de l'École Normale supérieure*, t. 40, 1923, p. 1.
(²) Séance du 31 mars 1924.
(³) *Math. Zeitschr.*, t. 13, 1922.

contravariant

$$Q_{\mu}^{\cdot\alpha\beta} = g^{\alpha\beta}/_{\mu}.$$

En écrivant que $\sum_{\mu} \xi^{\lambda}/_{\mu} \frac{dx^{\mu}}{ds} = 0$ le long d'une courbe $\Gamma[x_i = x_i(s)]$, on définit le déplacement parallèle le plus général du vecteur ξ^{λ} le long de Γ.

En reprenant une méthode due à M. Blaschke, et que nous avons déjà appliquée au déplacement parallèle selon M. Weyl ([1]), on peut donner du déplacement parallèle ainsi généralisé une idée plus géométrique.

Remarquons que si l'on pose

$$\delta\xi^{\nu} = \theta\xi^{\nu}\, ds = \sum_{\mu} \xi^{\nu}/_{\mu}\, dx^{\mu},$$

$\Xi(\xi^{\nu})$ étant un champ quelconque dans la multiplicité considérée, $\delta\xi^{\nu}$ est la composante ($^{\nu}$) du petit vecteur qu'il faut ajouter à $\Xi(\xi^{\nu})$ déplacé parallèlement à lui-même de $P(x_i)$ en $P'(x_i + dx_i)$ pour obtenir le vecteur défini en P', par le champ donné.

Soit alors une courbe Γ, et considérons les n vecteurs :

$$\begin{array}{ll} \Xi_{(1)} \text{ de composantes : } & \xi^{\nu}_{(1)} = \dfrac{dx^{\nu}}{ds}, \\ \Xi_{(2)} \quad \text{»} \quad \text{»} \quad : & \xi^{\nu}_{(2)} = \theta\xi^{\nu}_{(1)} = \dfrac{d\xi^{\nu}_{(1)}}{ds} + \Gamma^{\nu}_{\lambda\mu}\xi^{\lambda}_{(1)}\dfrac{dx^{\mu}}{ds}, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \Xi_{(n)} \quad \text{»} \quad \text{»} \quad : & \xi^{\nu}_{(n)} = \theta\xi^{\nu}_{(n-1)} = \dfrac{d\xi^{\nu}_{(n-1)}}{ds} + \Gamma^{\nu}_{\lambda\mu}\xi^{\lambda}_{(n-1)}\dfrac{dx^{\mu}}{ds}. \end{array}$$

Orthogonalisons et normalisons ce système de n vecteurs, nous formerons, en chaque point de Γ, un n-èdre rectangulaire $\mathfrak{N}$, dont les arêtes sont $H_{(1)}, \ldots, H_{(n)}$ avec ([2]) :

$$H_{(p)} = \frac{1}{\sqrt{D_{(p-1)}D_{(p)}}} \begin{vmatrix} (1,1)\ldots(1,p-1), & \Xi_{(1)} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & , \\ (p,1)\ldots(p,p-1), & \Xi_{(p)} \end{vmatrix}.$$

Ce n-èdre est dit le n-èdre principal attaché en chaque point de Γ, selon le déplacement parallèle considéré.

Les formules de Frenet sont celles qui donnent les expressions des $\theta\eta^{\nu}_{(p}$

([1]) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1647.

([2]) Les notations $D_{(p)}$ et (r, s) ont la même signification formelle que dans la Note citée.

en fonction des $\eta^{\nu}_{(1)}, \eta^{\nu}_{(2)}, \ldots, \eta^{\nu}_{(n)}$:

$$\theta\eta^{\nu}_{(p)} = \sum_{q=1}^{j=n} \alpha_{(pq)}\eta^{\nu}_{(q)}.$$

Nous avons trouvé, dans un Mémoire qui sera publié dans un autre périodique :

$$\alpha_{(pq)} = Q_{\rho\lambda\mu}\frac{dx^{\rho}}{ds}\eta^{\lambda}_{(p)}\eta^{\mu}_{(q)} \qquad (\text{si } p-q \geqq 2),$$

$$\alpha_{(p,p+1)} = \frac{\sqrt{D_{(p-1)}D_{(p+1)}}}{D_{(p)}},$$

$$\alpha_{(p+1,p)} = Q_{\rho\lambda\mu}\frac{dx^{\rho}}{ds}\eta^{\lambda}_{(p+1)}\eta^{\mu}_{(p)} - \frac{\sqrt{D_{(p-1)}D_{(p+1)}}}{D_{(p)}},$$

$$\alpha_{(pp)} = \frac{1}{2}Q_{\rho\lambda\mu}\frac{dx^{\rho}}{ds}\eta^{\lambda}_{(p)}\eta^{\mu}_{(q)},$$

$$\alpha_{(pq)} = 0 \qquad (\text{si } q-p \geqq 2).$$

En calculant $\delta\eta^{\iota}_{(p)}$, on obtient la représentation géométrique suivante :

Le n-èdre principal $\mathfrak{N}$ en P est déplacé parallèlement à lui-même de P en P′, il devient le n-èdre $\overline{\mathfrak{N}}$; pour obtenir le n-èdre principal $\mathfrak{N}'$ attaché en P′, on fait subir à $\overline{\mathfrak{N}}(\overline{H}_{(1)}, \ldots, \overline{H}_{(n)})$ les trois transformations suivantes :

1° Une transformation qui orthogonalise $\overline{\mathfrak{N}}$ sans altérer les longueurs des vecteurs de base; on fait tourner $\overline{H}_{(1)}$ d'un petit angle dans le plan $\overline{H}_{(1)}\overline{H}_{(2)}$, puis $\overline{H}_{(3)}$ dans le 3-plan $\overline{H}_{(1)}\overline{H}_{(2)}\overline{H}_{(3)}$, etc., jusqu'à $\overline{H}_{(n)}$, qu'on amène à être perpendiculaire au $(n-1)$-plan $\overline{H}_{(1)}\overline{H}_{(2)}\ldots\overline{H}_{(n-1)}$. On obtient ainsi le n-èdre $\overline{\overline{\mathfrak{N}}}$.

2° Une transformation qui conserve l'orthogonalité des vecteurs de base de $\overline{\overline{\mathfrak{N}}}$, mais qui modifie leurs longueurs dans les rapports $1+\alpha_{(pp)}\,ds$.

3° Une rotation du n-èdre ainsi obtenu qui l'amène alors à coïncider avec $\mathfrak{N}'$. Les composantes de cette rotation infiniment petite, rapportées au n-èdre lui-même, sont :

$$\Delta\nu_{(pq)} = 0 \qquad \text{si } |p-q|>1 \quad \text{et si } p=q,$$

$$\Delta\nu_{(p,p+1)} = -\Delta\nu_{(p+1,p)} = -\frac{\sqrt{D_{(p-1)}D_{(p+1)}}}{D_{(p)}} = -\frac{1}{\rho_{(p)}}.$$

Les $\rho_{(p)}$ $(p=1\ldots n-1)$ sont les $(n-1)$ rayons de courbure de Γ, selon le déplacement parallèle considéré.

En particularisant les $Q_{\mu}{}^{\alpha\beta}$, on obtient les résultats de M. Blaschke relativement au déplacement parallèle de M. Levi-Cività, et les nôtres relativement au transport de M. Weyl.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les complexes linéaires d'espaces linéaires à k dimensions situés dans un espace linéaire à r dimensions.* Note de M. **Alfred Rosenblatt.**

La variété de Grassmann V_d à $d=(r-k)(k+1)$ dimensions, qui représente dans l'espace linéaire S_R à $R=\binom{r+1}{k+1}-1$ dimensions, les espaces linéaires S_k à k dimensions contenus dans l'espace linéaire S_r à r dimensions a été, dans ces dernières années, l'objet de remarquables travaux de MM. Severi, Segre et Comessatti. On peut, en se servant des méthodes suivies par ces auteurs, parvenir à quelques résultats remarquables dans le cas général de r et k quelconques, qui me semblent nouveaux.

Nous désignerons par $X_{i_0, i_1, \ldots, i_k}$; $i_0 < i_1 < \ldots < i_k$; $i_0, i_1, \ldots, i_k = 0, 1, \ldots, r$ les coordonnées homogènes des points de l'espace S_R. Pour un point de la variété V_d de Grassmann ce sont, à un facteur constant près, les mineurs d'ordre $k+1$ de la matrice de $r+1$ colonnes et de $k+1$ lignes des coordonnées homogènes x_i^j, $j=0, 1, \ldots, k$; $i=0, 1, \ldots, r$ de $k+1$ points P^0, P^1, ..., P^k linéairement indépendants d'un espace S_k.

Envisageons, dans l'espace S_R, la quadrique

$$\Sigma X^2_{i_0, i_1, \ldots, i_k} = 0. \tag{1}$$

D'après un théorème de M. Severi (¹) tout complexe linéaire C d'espaces S_k peut être représenté dans le S_R par un hyperplan Π

$$\Sigma A_{i_0, i_1, \ldots, i_k} X_{i_0, i_1, \ldots, i_k} = 0, \tag{2}$$

polaire du point P de coordonnées $A_{i_0, i_1, \ldots, i_k}$ par rapport à la quadrique (1). Le pôle P est situé sur la variété V_d de Grassmann dans le cas et seulement dans le cas où le complexe C est *spécial*, c'est-à-dire composé d'espaces S_k qui s'appuient sur un espace *directeur* $S_{\nu-k-1}$. Si cet espace est déterminé par $k+1$ hyperplans linéairement indépendants à coordonnées ξ_i^j, $i=0, 1, \ldots, r$; $j=0, 1, \ldots, k$, et si $\Xi_{i_0, i_1, \ldots, i_k}$ désigne le mineur analogue du mineur $X_{i_0, i_1, \ldots, i_k}$, alors on a

$$A_{i_0, i_1, \ldots, i_k} = \Xi_{i_0, i_1, \ldots, i_k}.$$

Envisageons alors un système algébrique K d'espaces S_k qui satisfait aux deux conditions suivantes :

(¹) *Sulla varietà che rappresenta gli spazi subordinati di data dimensione immersi in uno spazio lineare* (*Annali di Matematica*, 3e série, t. 24, 1915).

1. Il est l'intersection complète de $l = R - h$ complexes linéaires indépendants.

2. Il contient tous les S_k d'un espace linéaire S_ρ à ρ dimensions.

Désignons par m le nombre

$$(3) \qquad m = \binom{\nu+1}{k+1} - \binom{\rho+1}{k+1} - (\nu - k)(k+1) - k + \rho + 1.$$

On a le théorème suivant :

Théorème 1. — *Si le nombre l satisfait à l'inégalité $l \geqq m$, alors parmi les ∞^{l-1} complexes il y a au moins ∞^{l-m} ($\infty^0 = 1$) complexes spéciaux.*

Il faut poser $\rho + k - 1$, au cas où l'on aurait $\rho < k$.

Envisageons maintenant $l \geqq m$ espaces linéaires $S_{\nu-k-1}$ assujettis à s'appuyer sur tous les S_k d'un espace S_ρ fixe, mais choisis du reste *généralement*. On a alors :

Théorème 2. — *Tous les espaces S_k qui s'appuient sur $l \geqq m$ espaces linéaires $S_{\nu-k-1}$ choisis de la manière indiquée s'appuient en conséquence sur ∞^{l-m} espaces directeurs analogues, si l'on a l'inégalité $l > m$, et sur $n - m$ autres espaces directeurs analogues, où l'on a*

$$(4) \qquad n = \frac{[(\nu-k)(k+1) - \rho + k - 1]!\,1!\,2!\ldots(k-1)!\,(\rho+1)!}{(\nu-k+1)!\ldots\nu!\,(\nu-\rho-1)!\,(\rho-k+1)!}$$

si l'on a $l = m$.

On devra encore poser $\rho = k - 1$, au cas où l'on aurait $\rho < k$.

On a par exemple pour $k = 2$, $\rho < k$:

$$n = \frac{[3(\nu-2)]!\,2!}{\nu!\,(\nu-1)!\,(\nu-2)}, \qquad m = \binom{\nu+1}{3} - 3(\nu-2),$$

donc pour $r = 5 : n = 42$, $m = 11$.

Remplaçons la condition 2 du numéro précédent par la condition suivante :

2*a*. Le système k contient tous les S_k qui s'appuient sur un espace S_{ρ_1}.

On a le théorème suivant :

Théorème 1*a*. — *Si le nombre l satisfait à l'inégalité $l \geqq m_1$,*

$$(5) \qquad m_1 = \binom{\nu-\rho_1}{k+1} - (\nu - \rho_1 - k - 1)(k+1),$$

alors parmi les ∞^{l-1} complexes il y a au moins ∞^{l-m_1} complexes spéciaux.

Il faut poser $\rho_1 = -1$, au cas où l'on aurait $\rho_1 > \nu - k - 1$.

Envisageons alors $l \geqq m_1$ espaces linéaires $S_{\nu-k-1}$ assujettis à s'appuyer

sur tous les S_k qui s'appuient à leur tour sur un espace S_{ρ_1}, mais choisis du reste *généralement*. On a le théorème suivant :

THÉORÈME 2*a*. — *Tous les espaces S_k qui s'appuient sur $l \geqq m_1$ espaces linéaires $S_{\nu-k-1}$ choisis de la manière indiquée s'appuient en conséquence sur ∞^{l-m_1} espaces directeurs analogues, si l'on a l'inégalité $l > m_1$, et sur $n_1 - m_1$* autres *espaces analogues, où l'on a*

$$n_1 = \frac{[(\nu - k - \rho_1 - 1)(k+1)]!\,1!\ldots k!}{(\nu - \rho_1 - k - 1)!\ldots(\nu - \rho_1 - 1)!}, \tag{6}$$

si l'on a $l = m_1$.

Il faut encore poser $\rho_1 = -1$, au cas où l'on aurait $\rho_1 > \nu - k - 1$. Les espaces directeurs passent par l'espace S_{ρ_1}.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques propriétés arithmétiques des intégrales des équations du premier ordre.* Note [1] de M. **D. Mordouhay-Boltovskoy**, présentée par M. Hadamard.

En liaison intime avec le théorème célèbre d'Eisenstein [2] se trouvent les recherches nombreuses de Pincherle [3], Teixeira [4], Hurwitz [5], Kœnigsberger, Kock, Soubotine [6], etc., et aussi les nôtres [7]. Toutes ces recherches ne donnent pas la démonstration complète du théorème de Tschebycheff dont Hermite [8] fait mention dans son *Cours d'Analyse* autographié, mais pour les intégrales holomorphes

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots \qquad (a_j \text{ rationnel}) \tag{1}$$

d'une équation différentielle algébrique [et par suite pour les développements (1) exprimables en termes finis au moyen des transcendantes élémentaires et aussi des quadratures]; elles établissent les propriétés suivantes analogues à celle qui était énoncée par Tschebycheff :

---

(1) Séance du 10 mars 1924.

(2) *Monatsber. der Ak. d. Wiss.* Berlin, 1852). — HEINE, *Kugelfunctionen* (*Crelle's Journal*, Bd 48).

(3) *Journal de Crelle*, t. 101, p. 84.

(4) *Ann. de l'École Normale*, 3e série, t. 2, 1885, p. 321.

(5) *Ibid.*, t. 6, 1889, p. 327.

(6) *Ann. de l'Institut Polyt. du Don*, t. 7, 1919, n° 2.

(7) *Mathem. Sbornik*, t. 26, n° 2; t. 27, n° 3.

(8) HERMITE, *Cours d'Analyse.* — HADAMARD, *La série de Taylor et son prolongement analytique.*

1° $P(k)$: quand n augmente, $\frac{p_n}{n^k}$ reste moindre qu'une quantité finie $\left(k\right.$ étant un nombre entier, p_n le plus grand facteur premier entrant dans le dénominateur de la fraction réduite $\left. a_n = \frac{c_n}{\lambda_n}\right)$.

Chez Tschebycheff, on a $P(1)$.

2° $M(\sigma)$: $\frac{\lambda_n(p)}{\sigma^n}$, $\lambda_n(p)$ étant l'exposant d'un facteur premier quelconque, reste fini.

3° $L_n(1)$: $\frac{\lambda_n(p_n)}{n}$ est fini.

Nous dirons pour abréger que y est $P[k]$, $M[\sigma]$, $L_n[1]$, si son développement possède tout ou partie des propriétés précédentes.

Il faut remarquer que toutes ces propriétés subsistent encore, quand les coefficients de f sont, non des polynomes, mais des quantités *algébroïdes* satisfaisant aux conditions $P(k')$, $M(\sigma')$, $L_n(1)$ et aussi aux conditions que $P(k')$, $L(e')$: $\frac{\lambda_n(p)}{n^{e'}}$ soient finis.

Il est remarquable que la classe particulière des équations du premier ordre discutée par M. Painlevé (avec un nombre fini de valeurs autour des points critiques mobiles) possède les propriétés $P(1)$ et $L(1)$.

En vertu du résultat que j'ai obtenu, qui ramène chaque équation différentielle du premier ordre intégrable en termes finis ([1]) à l'équation de la classe de Painlevé, on peut ajouter que $P(1)$ et $L(1)$ sont des conditions nécessaires pour l'intégration en termes finis ([2]).

Pour la démonstration de notre proposition, il faut avoir en vue le résultat bien connu de M. Painlevé ([3]) : y doit représenter :

1° Ou une fonction algébrique de x;

2° Ou une fonction algébrique de x et de la variable η, définie par

$$\frac{d\eta}{\sqrt{(1-\eta^2)(1-k^2\eta^2)}} = g(x)\,dx, \tag{2}$$

k étant constante et $g(x)$ une fonction algébrique de x;

3° Ou une fonction algébrique de x et de η, cette dernière définie par une

([1]) Ou pour mieux dire : résoluble; y s'exprime en termes finis par des transcendantes élémentaires et des quadratures.

([2]) *Bulletin de la Société math. de Charkow*, 2e série, t. 10, 1909, p. 100.

([3]) PAINLEVÉ, *Leçons sur la théorie analytique des équations différentielles*, professées à Stockholm, Paris, 1897.

équation de Riccati à coefficients algébroïdes

$$\alpha(x)(\eta' + \eta^2) + \beta(x)\eta + \gamma(x) = 0. \tag{3}$$

Dans le premier cas nous avons immédiatement la propriété d'Eisenstein P(o), L(1) et, par suite, P(1).

Pour étudier les cas 2° et 3°, soit

$$y = \omega(\eta, x) = a_0 + a_1 x + \ldots.$$

En tenant compte des résultats obtenus par Kœnigsberger [1], on voit que, pour que le développement (1) de y soit P(1) L(1), il suffit que le développement correspondant de η le soit. Il nous reste donc à discuter le développement algébroïde défini par l'inversion d'une intégrale elliptique ou par l'équation de Riccati (3).

Le premier se traite sans difficulté à l'aide de ce qu'on sait sur les séries entières qui développent les fonctions elliptiques.

La discussion du second cas est plus difficile. Il faut s'adresser au Mémoire cité de Hurwitz. La propriété P(1) pour le cas le plus simple, celui où $\left[\frac{\partial f}{\partial y^{(n)}}\right] \gtrless 0$, est démontré pour l'équation d'ordre quelconque et, en particulier aussi, pour l'équation de Riccati (3).

Mais, pour $\left[\frac{\partial f}{\partial y^{(n)}}\right]_0 = 0$, nous avons P($k$), où $k > 1$ en général.

On a à démontrer qu'on peut supposer, dans (3), $\alpha \gtrless 0$. Pour cela :

1° Le cas de $\eta(0) = \infty$ peut être écarté moyennant une transformation homographique effectuée sur η;

2° On réduit s'il y a lieu $\alpha(x)$, $\beta(x)$, $\gamma(x)$ à la forme holomorphe par un changement convenable sur x;

3° On démontre que, par la division de l'équation par x^k, on obtient une équation de Riccati où $\alpha(0) \gtrless 0$ (ce point est le plus délicat).

Le point de départ est une formule de Hurwitz à laquelle il faut encore ajouter une addition importante de Kakeya [2] au moyen de laquelle se définit r. Si le premier terme différent de zéro dans la série

$$\left[\left(\frac{\partial f}{\partial y^{(n)}}\right)_x^{(q)}\right]_0, \quad \left[\left(\frac{\partial f}{\partial y^{(n-1)}}\right)\right]_x^{(q-1)}\Bigg]_0, \quad \ldots, \quad f_{y_0}^{(n-g)} \quad (g = 0, 1, 2, 3, \ldots)$$

est

$$\left[\left(\frac{\partial f}{\partial y^{(s)}}\right)_x^{(k)}\right] \cdots \quad (r = k),$$

(1) *Crelle's Journal*, Bd 130.

(2) *The Science reports of the Tohoku University*, vol. 4, n° 1, 1915.

on ne peut avoir, pour l'équation de Riccati (3), $n \geqq 2$, qu'à condition que

$$\alpha(o) = o, \qquad \alpha'(o) = o, \qquad 2\alpha(o)y_0 + \beta(o) = o,$$

d'où $\beta(o) = o$ et encore, en vertu de l'équation (3), $\gamma(o) = o$.

En divisant par x^k, on obtient une équation (3) avec, pour $\alpha(x)$, un zéro d'ordre inférieur et l'on parvient à la fin à $\alpha(o) \gtrless o$.

La propriété L(1) appartient à η parce que, en posant $e^{\int \eta\, dx} = \xi$, on ramène l'équation (3) à une équation linéaire à intégrale holomorphe, qui est, selon les recherches de Pincherle et les miennes, L[1], quand $\alpha(o) \gtrless o$.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les diviseurs maximums de certains groupes galoisiens à invariant bilinéaire ou quadratique*. Note de M. DE SÉGUIER, présentée par M. Appell.

Une des premières questions qui se pose lorsqu'on cherche à déterminer les diviseurs d'un groupe est celle de ses diviseurs maximums. Lorsque le groupe considéré A est formé de substitutions linéaires qui conservent une forme a quadratique, gauche ou hermitienne à $n \geqq 3$ variables, somme de deux formes a_1 et a_2 de même sorte ayant respectivement n_1 et n_2 variables, il est clair que A contient le produit direct du groupe A_1 de a_1 et du groupe A_2 de a_2. Si a_1 et a_2 sont équivalentes, et si $x_{i1}, \ldots, x_{in_1}$ sont les variables de a_i, on peut supposer que a_2 se déduit de a_1 en remplaçant x_{1k} par x_{2k} (pour $k = 1, \ldots, n_1$). Soit γ la substitution qui échange x_{1k} et x_{2k} (pour $k = 1, \ldots, n_1$). Désignons par Y le groupe A_1A_2 dans le cas général, et le groupe $\{A_1A_2, \gamma\}$ dans ce cas particulier. J'ai été amené à me demander si Y ou quelque groupe apparenté à Y était maximum dans A, et plus précisément si quelque diviseur normal d'indice 2 ou 4 d'un tel groupe était maximum dans un diviseur normal d'indice 2 ou 4 de A. C'est à cette question que répondent les théorèmes suivants lorsque A est galoisien. Je me servirai des mêmes notations et conventions que dans mon Mémoire *Sur les groupes à invariant bilinéaire ou quadratique dans un champ de Galois* (*J. M.*, 1916).

1. *Supposons d'abord a_1 et a_2 gauches. Alors* Y *est toujours maximum dans* A.

En particulier la représentation de $G(4, 2)$ relative à Y pour $n_1 = n_2 = 2$ est le g^{10}_{720} $\{\mathfrak{V}(2, 3^2)^3, z^3\}$ isomorphe au g^6_{720} symétrique.

2. *Supposons a_1 et a_2 hermitiennes*. Soient A^0 le groupe unimodulaire

de a, A_i^0 celui de a_i, et Y^0 le p. g. c. d. de Y, A^0. En désignant par μ_i une substitution de A_i d'ordre $\pi + 1$ mod A_i^0, et par μ le p. g. c. d. de $\{\mu_1, \mu_2\}$ et de A^0, $Y^0 = \{A_1^0 A_2^0, \mu\}$. Y^0 *est maximum dans* A^0 *sauf si* $n = 3$ *avec* $\pi = 2$ (alors A^0 est un g_{216} résoluble). Quand Y^0 est maximum dans A^0, Y l'est dans A.

3. *Supposons* a_1 *et* a_2 *quadratiques.* Si alors $p = 2$, n_1 et n_2 ne peuvent être tous deux impairs, car a ne dépendrait que de $n - 1$ variables. Soient A^0 le groupe unimodulaire de a, A_i^0 celui de a_i, B le groupe réduit de a, B_i celui de a_i (lorsque A_i^0 est $> B_i$, le p. g. c. d. de A_i^0, B est B_i).

Excluons d'abord deux cas : 1° celui où a_1 est équivalent à a_2; 2° celui où $p = 2$ avec $n = 2\nu + 1$, n_1 et n_2 étant > 1.

Soit alors Y^0 le p. g. c. d. de $Y = A_1 A_2$ et de A^0; Z celui de Y^0, B. On peut préciser comme il suit la structure de Y^0 et de Z. Soit ζ_i une substitution de A_i hors de A_i^0 si $A_i > A_i^0$, et la substitution 1 si $p = 2$, n_i étant impair; μ_i une substitution de A_i^0 hors de B_i si $A_i^0 > B_i$, et la substitution 1 si $p = 2$ ou si $n_i = 1$. On peut supposer que $\zeta_1 \zeta_2$ est dans B. *Pour* $p > 2$, $Y_0 = \{A_1^0 A_2^0, \zeta_1 \zeta_2\}$, et Z est égal, si n_1 et n_2 sont > 1, à $\{B_1 B_2, \mu_1 \mu_2, \zeta_1 \zeta_2\}$, si $n_i = 1$ à $\{B_k, \zeta_1 \zeta_2\}$ $(k \neq i)$. *Pour* $p = 2$, *si* n *est pair*, $Y^0 = \{A_1^0 A_2^0, \zeta_1 \zeta_2\}$ et $Z = Y^0$; *si* n *est impair*, $Y = Y^0 = Z$.

Si a_1 *est équivalent à* a_2, soient r, s des entiers égaux à 0 ou à 1 tels que $\gamma \zeta_i = \gamma^0$ soit dans A^0 et $\gamma \zeta_i^r \mu_k^s = \delta$ dans B (i étant tel que A_i^0 soit $< A_i$ pour $p \geqq 2$, et k tel que $B_k < A_k^0$ pour $p = 2$). Le p. g. c. d. de Y, A^0 est $Y'^0 = Y^0 + \gamma^0 Y^0$, et le p. g. c. d. de Y'^0, B est $Z' = Z + \delta Z$. Ce sont les groupes Y'^0, Z' que je désignerai désormais par Y^0, Z dans le cas actuel.

Si $p = 2$ *avec* $n = 2\nu + 1$, n_1 *et* n_2 *étant* > 1, supposons n_1 pair $= 2\nu_1$. Soient alors $a_2 = \Sigma_{\nu_1+1}^{\nu_1+\nu_2} x_i y_i + x^2$, $a_1 + x^2 = \Sigma_1^{\nu_1} x_i y_i + x^2 = a'_1$. Désignons par A'_1 le groupe de a'_1. Posons, si $\nu_1 \neq \nu_2$, $Y' = Z' = A'_1 A_2$, et si $\nu_1 = \nu_2$, en appelant T la substitution qui échange x_i et x_{ν_1+i}, y_i et y_{ν_1+i} pour $i = 1, \ldots, \nu_1$, $Y' = Z' = \{A'_1 A_2, T\}$. Ce sont les groupes Y', Z' que je désignerai désormais par Y, Z dans le cas actuel.

Ces définitions posées, voici le théorème auquel je suis arrivé :

Z *est maximum dans* B *sauf dans les quatre cas suivants :*

1° $n_i = 1$ *avec* $\pi = 3$, $n = 3$;

2° $n_i = 1$ *avec* $\pi = 3$, $n = 4$, *si* a *est de la première classe ;*

3° $n_i = 2$ *avec* $n = 4$;

4° $n_i = 2$, a_i *étant réductible, si* $\pi = 2$ *ou* 3.

Quand Z *est maximum dans* B, Y^0 *l'est dans* A^0, *et* Y *dans* A.

RELATIVITÉ. — *Au sujet de l'interprétation de l'expérience de Michelson.* Note [1] de M. A. Metz, présentée par M. Brillouin.

M. Brylinski a récemment répondu à une note que j'avais adressée précédemment à l'Académie [2] par une Communication [2] qui se divise en deux parties tout à fait distinctes.

La première partie concerne l'étude mathématique de l'expérience de Michelson considérée, par hypothèse, comme ayant donné des résultats rigoureusement négatifs, et ceci avec une précision permettant d'apprécier un terme en $\frac{v^3}{c^3}$; remarquons en passant que ce terme (d'après les anciennes théories) devait être de l'ordre de $\frac{1}{10^{12}}$, alors qu'aucun dispositif n'a permis jusqu'ici d'atteindre cet ordre de grandeur, les plus précis allant seulement jusqu'à $\frac{1}{10^{10}}$ (le déplacement attendu aurait correspondu à $\frac{1}{10^8}$).

En admettant (par hypothèse) qu'on dût pousser les calculs jusqu'aux termes en $\frac{v^3}{c^3}$, le premier calcul de M. Brylinski était incomplet, celui-ci ayant négligé d'appliquer la « contraction des longueurs » à la glace à 45° elle-même : le fait de tenir compte de cette contraction suffit pour rétablir en toute rigueur la valeur classique $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ donnée par Lorentz, comme je l'ai montré dans ma Note précédente [3].

Dans cette dernière Note, j'avais attribué l'erreur en question à un oubli de l'auteur; il paraît qu'il n'en est rien : c'est sciemment qu'il aurait supposé la glace restant à 45° « dans l'éther immobile » alors que tout le reste de l'appareil subit des déformations; il affirme en effet que, pour conserver les bases des explications usuelles, « on peut supposer que la glace soit fixée au plateau de telle façon que l'angle de 45° soit conservé » : mais cette *supposition* est tout à fait impossible à réaliser, le système de référence « immobile » par rapport auquel la glace devrait « conserver son angle » n'ayant jamais été trouvé par personne (c'est justement l'expérience de Michelson qui aurait dû le déterminer). Aucun interféro-

---

(1) Séance du 17 mars 1924.
(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 314.
(3) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 466.

mètre, existant ou imaginable, ne peut remplir une semblable condition (¹).

Les auteurs des théories habituelles de l'expérience de Michelson ont négligé cette correction d'angle parce qu'ils savaient que les dispositifs employés ne permettaient pas d'atteindre les termes au delà de $\frac{v^2}{c^2}$; M. Brylinski, qui a voulu faire un calcul plus précis, a rectifié leur manière de faire en maints endroits; il aurait donc dû, logiquement, faire aussi là rectification qui consiste à *appliquer la contraction à la glace;* il se serait aperçu alors que sa méthode ne changeait absolument rien au résultat donné par Lorentz; il aurait ainsi évité une discussion sur un terme en $\frac{v^3}{c^3}$ qui, répétons-le, est resté jusqu'ici en dehors des limites de l'expérience.

Dans la seconde partie de sa Note, M. Brylinski emploie, contre la théorie relativiste, un argument totalement opposé, en citant cette fois des résultats « positifs » obtenus en 1921 par Miller au moyen d'un interféromètre transporté au sommet du mont Wilson. Notons d'abord que ces résultats sont au maximum de $\frac{1}{10}$ de ceux attendus de par l'ancienne théorie, ce qui leur interdit la possibilité d'être interprétés par celle-ci. De plus, il y a une perturbation périodique supplémentaire en un tour complet de l'interféromètre, que M. Brylinski prétend « expliquer aisément » au moyen de son terme parasite en $\frac{v^3}{c^3}$: or, c'est impossible, ce dernier terme étant nettement en dehors des limites de l'expérience (en raison de sa petitesse), et étant d'ailleurs, dans le travail de M. Brylinski, le résultat d'un raisonnement et d'un calcul incomplets.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur l'éclairement de la Lune éclipsée.* Note de M. A. Danjon, présentée par M. Cotton.

La loi d'éclairement des éclipses de Lune que j'ai énoncée en 1920 (²), a fait l'objet d'études critiques dont je voudrais signaler la faible portée, en attendant que les faits eux-mêmes décident.

M. W.-J. Fisher (³) a essayé de contrôler mes conclusions en reprenant

(¹) D'ailleurs, en admettant, selon la théorie classique — aujourd'hui abandonnée — un « vent d'éther » de 30^{km} à la seconde, la correction d'angle qui en résulterait serait beaucoup trop délicate à réaliser, parce que trop petite.

(²) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1127 et 1207.

(³) Williard J. Fisher, *The brightness of lunar eclipses*, 1860-1922 (*Smithsonian Misc. Coll.* 76, n° 9, 1924; *Harvard Reprint*, n° 7).

entièrement l'étude des éclipses observées de 1860 à 1922. Pour caractériser l'éclat de la Lune éclipsée, il adopte comme critérium la visibilité des détails lunaires dans l'ombre. Ce caractère unique est tout à fait insuffisant, car il dépend trop étroitement des conditions de l'observation. J'ai donné une importance beaucoup plus grande à la coloration de l'ombre dont l'observation est plus sûre. La classification de M. Fisher, basée sur un caractère incertain, ne renferme que trois classes, et elle ne fait pas état de formes de transition particulièrement importantes. M. Fisher a cependant essayé de donner un caractère quantitatif à son critérium : il mesure le degré de visibilité des taches par l'ouverture minimum nécessaire pour les voir. Cette notion n'a aucun sens, si l'on n'ajoute pas le grossissement employé. Pendant l'éclipse du 20 février dernier, la mer des Crises était invisible à Strasbourg à l'équatorial de 486^{mm} de Strasbourg, mais on la voyait bien au chercheur de 40^{mm}, armé d'un très faible grossissement. Ainsi l'apparente rigueur du critérium de M. Fisher est illusoire, et ce point de départ vicie entièrement sa très consciencieuse étude.

M. Fisher croit devoir faire état d'un article de M. E.-W. Maunder (¹) qui constituerait une réfutation décisive de mes conclusions. Un examen même rapide de cet article y révèle pourtant des erreurs. C'est ainsi, notamment, que M. Maunder utilise ma formule des minima solaires en oubliant un terme — ce qui le conduit, bien entendu, à la trouver en défaut. D'un autre côté, M. Maunder me prête des méthodes, que je n'ai pas suivies, et des erreurs de principe que je n'ai pas commises. Je n'ai jamais fait état des éclipses *partielles* lorsqu'elles étaient notées *sombres* par les observateurs. Mais je crois tout à fait légitime d'utiliser les éclipses partielles quand elles ont été, de l'aveu de tous, *extrêmement claires*, comme celle du 16 octobre 1921.

ACOUSTIQUE. — *Le secret de la construction du violon italien.* Note de **M. Sigmund Stahl**, présentée par M. Brillouin.

Le secret consiste dans la forme particulière de la surface courbe de la table et du fond.

Lorsque le violon vibre, la table peut être considérée comme divisée en quatre régions A, B, C, D, à partir du manche, par une ligne transversale

(¹) E. Walter Maunder, *The Eclipsed Moon and the Solar Cycle* (*Journal of the British Astr. Ass.*, t. 31, 1921, p. 346).

qui passe sous le chevalet, et par deux lignes nodales, peu éloignées des extrémités.

Dans les violons italiens, les deux régions moyennes B, C sont des *surfaces réglées gauches*, aussi bien pour la table que pour le fond; ces surfaces ont même plan de symétrie que l'ensemble du violon. Les génératrices rectilignes s'appuient d'une part sur la courbe voûtée qui sépare la région B de C, d'autre part sur une droite directrice située dans le plan de symérie perpendiculaire au plan général de la table, pour B près de l'attache du manche, pour C près du bouton au bas du violon.

Il suffit pour reconnaître cette forme d'explorer avec l'arête d'une règle de longueur convenable, la surface de la table d'un violon italien, Stradivarius, Magini, Garneri, etc. On trouve facilement les positions pour lesquelles la règle touche la surface sur toute sa longueur ([1]).

Sur les violons ordinaires, on ne trouve pas de telles positions; ils ne possèdent pas de génératrices rectilignes.

PHYSIQUE. — *Méthodes interférentielles permettant de déterminer la durée et la loi d'émission de la lumière par les atomes.* Note de M. **Edmond Bauer**, présentée par M. Jean Perrin.

D'après la théorie électromagnétique de Lorentz, la lumière émise par les électrons vibrant dans les atomes est constituée par des trains d'ondes périodiques amortis. L'amplitude des oscillations diminue au cours du temps suivant une loi exponentielle de la forme $a = a_0 \exp\left(-\frac{4\pi^2 e^2 \nu^2}{3mc} t\right)$, où ν représente la fréquence, m la masse de l'électron, e sa charge en U.E.M. et c la vitesse de la lumière.

Cette théorie a dû être abandonnée et remplacée par l'hypothèse des *quanta* qui nous donne une relation entre la fréquence et l'énergie totale d'un train d'ondes élémentaire, mais ne nous apprend rien sur le phénomène d'émission lui-même qui reste mystérieux.

En 1919, W. Wien ([2]) a cru atteindre ce dernier par la mesure de l'intensité lumineuse aux divers points d'un pinceau de rayons canaux dans un vide parfait. Cette intensité diminue à partir de la cathode suivant une loi à peu près exponentielle. W. Wien a déduit de ces expériences le décré-

([1]) Les figures seront publiées dans un autre Recueil.
([2]) W. Wien, *Ann. der Phys.*, t. 60, 1919, p. 597.

ment des oscillations lumineuses, dont la valeur est à peu près celle que prévoit la théorie classique.

On a fait remarquer depuis que ces expériences n'atteignent pas le phénomène élémentaire. Elles donnent seulement une limite supérieure de sa durée. En effet, il n'est pas prouvé que tous les atomes excités par la décharge électrique soient lumineux dès qu'ils quittent la cathode. Certains peuvent rester stables quelques instants, avant de retomber à leur niveau normal d'énergie en rayonnant de la lumière. Les mesures de W. Wien ne permettent pas de séparer l'influence de cette sorte de vitesse de réaction, du phénomène d'émission proprement dit.

Pour dissocier ces deux effets, une seule méthode paraît applicable : mesurer par une méthode interférentielle directe la longueur des trains d'onde cohérents émis par les atomes et l'affaiblissement de la lumière le long de ces trains. On se trouve ainsi amené à chercher des limites d'interférence, différences de marche maximum entre deux faisceaux interférents.

Dans un gaz, même à la température de l'air liquide, ces limites sont déterminées entièrement par l'effet Doppler dû à l'agitation thermique des molécules et par les perturbations dues aux chocs (1).

Ces effets sont proportionnels à la racine carrée de la température absolue. Il paraît difficile de les éliminer en refroidissant.

Mais il est possible de tourner la difficulté en s'adressant aux gaz à une dimension (2).

Soit, par exemple, du mercure bouillant dans un très bon vide. Le récipient où il se trouve communique avec un tube étroit dont les parois baignent dans l'air liquide. Celles-ci captent tous les atomes qui les frappent et ne laissent sortir du tube que ceux dont la vitesse est à peu près dirigée suivant son axe, plus précisément dont la composante de vitesse perpendiculaire à l'axe du tube est inférieure à une limite facile à calculer. Si l'on rend le gaz lumineux à la sortie du tube et si l'on observe normalement au jet gazeux, l'effet Doppler peut être réduit à volonté. Les chocs sont peu nombreux dans un gaz à une dimension, leur influence est négligeable.

La limite d'interférence et la visibilité des franges sont alors déterminées uniquement par le phénomène atomique.

---

(1) Fabry et Buisson, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1224.

(2) Dunoyer, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 593. — M. Dunoyer, à qui je parlais de ces expériences, m'a dit qu'il avait noté de son côté l'extrême pureté de la lumière émise par ces gaz.

On peut calculer dans les diverses hypothèses possibles (oscillations amorties ou à amplitude constante) comment varie la visibilité des franges lorsque la différence de marche augmente.

La comparaison avec l'expérience doit donner la loi du phénomène élémentaire d'émission.

Ces expériences sont en projet depuis 1920. Les appareils sont construits actuellement. Nous opérerons d'abord sur la raie ultraviolette du mercure excitée par résonance.

Il semblerait préférable de chercher un phénomène analogue dans le domaine des rayons X où les effets de quanta sont plus nets, et la longueur des trains d'ondes cohérents plus courte.

Une méthode possible serait la mesure du pouvoir réflecteur des cristaux en lames minces d'épaisseurs croissantes. Il est facile de voir qu'au début, l'intensité réfléchie croît proportionnellement au carré du nombre des plans réticulaires (de l'épaisseur), puis à partir d'une limite donnée par la longueur des trains d'ondes cohérents, proportionnellement à ce nombre.

Mais il faut alors que le cristal soit fixe, orienté au maximum de réflexion et de constitution parfaitement régulière. Cette dernière condition paraît très difficile à réaliser (Bragg). Une autre difficulté provient de la minceur extrême des lames cristallines à tailler. Une discussion théorique aussi complète que possible nous a convaincus qu'il fallait d'abord s'adresser à la lumière ordinaire.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les séries de triplets du spectre d'arc du mercure.* Note de M. **H. Buisson**, présentée par M. A. Cotton.

Le spectre d'arc du mercure est constitué par des séries de raies simples et des séries de triplets. Parmi celles-ci figurent la série des triplets diffus ou première série secondaire, et celle des triplets étroits ou deuxième série secondaire. Elles sont caractérisées par des différences constantes entre les fréquences des trois membres de chaque triplet.

Dans chacune de ces séries, la suite formée par les premières composantes des triplets est connue avec un assez grand nombre de termes, 19 pour la première et 15 pour la seconde, tandis que les suites des deuxièmes et troisièmes composantes ne sont connues qu'avec 4 ou

5 termes, de sorte que le nombre de triplets complets de chaque série est assez faible. J'ai pu récemment prolonger ces suites et plus que doubler l'ensemble des triplets complets.

La source de lumière était une lampe au mercure ordinaire, en quartz, alimentée avec le plus faible courant possible, environ 1,7 ampère. La largeur des raies et l'éclat du fond continu croissent en effet assez vite avec l'intensité du courant, et les dernières raies, très faibles, se perdent dans ce fond. Le spectroscope, à prismes de quartz, avait une dispersion de 4 A par millimètre dans la région 2400 et de 2,8 A dans la région 2200. Les longueurs d'onde ont été mesurées par interpolation en partant des valeurs données pour le cuivre par Mitra [1]; sauf pour les dernières raies, les erreurs ne doivent pas dépasser 0,01 ou 0,02 A.

Triplets diffus
(première série secondaire).

m.	λ.	ν.	Δν.
6.	2639,93	37868,8	4625,4
	2352,54 [1]	42494,2	1764,0
	2258,77 [1]	44258,2	
7.	2603,15	38403,8	4627,1
	2323,20 [1]	43030,9	1764,8
	2231,66*	44785,7	
8.	2578,44	38771,9	4626,5
	2303,52*	43398,4	1764,6
	2213,51*	45163,0	
9.	2561,18	39033,1	4627,2
	2289,70*	43660,3	1767,2
	2200,62*	45427,5	
10.	2548,55	39226,6	4628,9
	2279,51*	43855,5	1763,7
	2191,37*	45619,2	
11.	2539,00	39374,1	4632,2
	2271,70*	44006,3	1766,2
	2184,03*	45772,5	
12.	2531,69	39487,8	4632,8
	2265,81*	44120,6	1759,7
	2178,90*	45880,3	
13.	2525,84	39579,2	4637,1
	2260,91*	44216,3	1759,0
	2174,40*	45975,3	

Triplets étroits
(deuxième série secondaire).

m.	λ.	ν.	Δν.
5.	2674,99	37372,5	4631,1
	2380,02 [1]	42003,6	1767,4
	2283,91*	43771,0	
6.	2625,24	38080,7	4631,2
	2340,55 [1]	42711,9	1766,4
	2247,58*	44478,5	
7.	2593,41	38548,0	4631,1
	2315,22*	43179,1	1765,7
	2224,26*	44944,8	
8.	2571,75	38872,7	4630,6
	2297,97*	43503,3	1765,6
	2208,33*	45268,9	
9.	2556,30	39107,6	4631,4
	2285,58*	43739,0	1764,5
	2196,94*	45503,5	
10.	2544,87	39283,2	4629,5
	2276,54*	43912,7	1763,6
	2188,63*	45676,3	
11.	....		
	2269,76*	44043,9	
	....		
12.	2529,53	39521,5	4633,8
	2264,03*	44155,3	
	....		

[1] *Annales de Physique*, t. 19, 1923, p. 315.

Le tableau ci-dessus résume les mesures. Il indique le numéro d'ordre de chaque triplet, suivant la numération de Fowler, les longueurs d'onde en A. I., la fréquence ramenée au vide, et enfin les différences de fréquence entre les membres d'un même triplet. Les raies marquées d'un astérisque sont nouvelles; les longueurs d'onde des premières composantes sont celles données par Stiles ([1]) et par Dingle ([2]). Il manque celle du onzième triplet étroit, masquée par la forte raie 2536,52. Quelques raies déjà connues, des deuxièmes et troisièmes composantes, marquées ([1]) ont été mesurées à nouveau. Aucune indication n'est donnée pour les intensités; il est en effet difficile de comparer de façon exacte des raies situées dans des régions différentes du spectre et qui ne sont pas obtenues dans des conditions identiques. Il suffit de dire que dans chaque série les intensités décroissent d'une manière régulière à mesure que s'élève le numéro d'ordre.

On constate sur ce tableau que la loi des différences constantes se vérifie avec régularité dans les deux séries, avec des valeurs sensiblement égales.

SPECTROSCOPIE. — *Une nouvelle bande des carbures d'hydrogène.* Note ([3]) de M. **R. Fortrat**, présentée par M. A. Cotton.

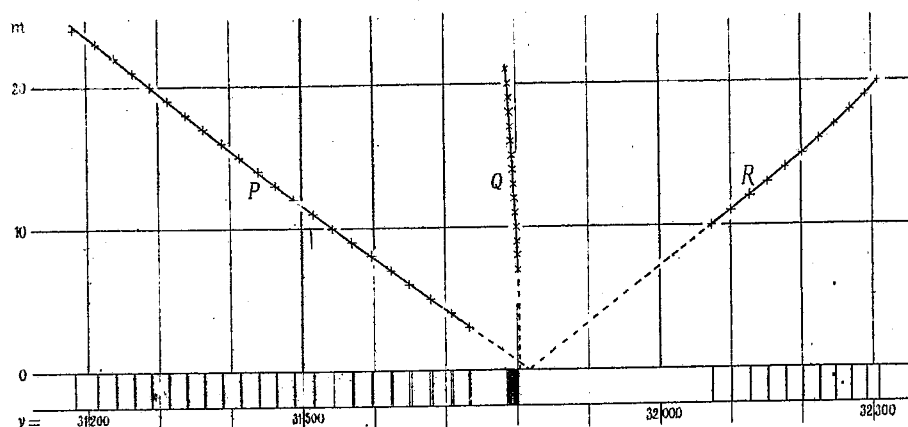
Le spectre attribué aux carbures d'hydrogène se compose des quatre groupes de raies ε, ζ, η et θ. Les trois premiers plus intenses forment les deux bandes bien connues $\lambda = 4320$ et $\lambda = 3889$. On doit leur adjoindre une bande intense ultraviolette émise aussi par le cône bleu des flammes de carbures d'hydrogène. Nous la désignerons par la longueur d'onde $\lambda = 3143$ de son origine. Sa structure est la structure théorique à trois branches : la tête $R(m)$ correspond au passage de $m+1$ à m quanta de rotation, la queue $P(m)$ correspond au passage de $m-1$ à m quanta de rotation, le noyau $Q(m)$ est émis sans changement du nombre m de ces quanta..

La bande est disposée presque symétriquement par rapport à son origine. Les raies du noyau sont resserrées et accumulées sur une étendue de 1,7 Å. Sur les spectrogrammes à dispersion faible ou moyenne, le noyau apparaît

([1]) *Astrophysical Journal*, t. 30, 1909, p. 48.
([2]) *Proc. Roy. Soc.*, t. 100, 1922, p. 167.
([3]) Séance du 31 mars 1924.

sous forme d'une raie intense plus ou moins large. La tête et la queue sont formées de raies presque équidistantes et d'intensité décroissante aux deux extrémités de chacune d'elles. Les raies de numéro d'ordre inférieur à 10 sont absentes de la tête; les raies correspondantes de la queue ($m < 11$) sont anormalement faibles et en général doubles. Dans la dernière colonne du tableau sont inscrits les nombres d'ondes de quelques raies qui n'ont pu être classées : elles sont toutes plus faibles que n'importe quelle raie classée et les conditions de l'émission permettent de supposer qu'elles sont étrangères à la bande.

Le pointé des raies a présenté des difficultés spéciales à cause de la superposition avec la bande $\lambda = 3064$ de l'oxygène émise en même temps qu'elle.



Les raies dont on a été amené à supposer l'existence et qui sont confondues avec une raie étrangère sont inscrites entre parenthèses dans le tableau qui donne les nombres d'onde mesurés dans le système international et ramenés au vide. La relation de combinaison

$$P(m+1) - Q(m) = Q(m+1) - R(m)$$

détermine les numéros d'ordre m sans ambiguïté, bien qu'elle ne soit pas vérifiée parfaitement.

La structure de la bande $\lambda = 3143$ indique-t-elle une parenté avec les bandes $\lambda = 4320$ et $\lambda = 3889$ des carbures d'hydrogène? Elle leur ressemble dans la mesure où elles se ressemblent entre elles : ses principaux caractères peuvent s'y retrouver, surtout dans la première. Les analogies sont moindres qu'entre des bandes d'un même groupe. Il n'est pas impossible qu'elles soient émises par une même molécule, mais dans des conditions très différentes.

TABLEAU I. — *Nombre d'ondes des raies de la bande* $\lambda = 3143$.

Numéro d'ordre m.	R(m).	Q(m).	P(m).	Autres raies très faibles.
3.........	"	"	31 733,8	"
			31 732,7	"
4.........	"	"	31 709,4	"
			31 707,2	"
5.........	"	"	31 680,7	31 666,8
			31 677,4	31 660,5
6.........	"	"	(31 651,5)	31 657,1
			31 648,5	31 656,9
7.........	"	31 802,6	31 624,8	31 643,6
			31 623,2	31 637,2
8.........	"	31 801,6	31 597,6	31 630,4
			31 596,3	31 613,2
9.........	"	31 800,5	31 570,2	31 602,6
			31 569,2	31 590,0
10.........	32 073,8	31 779,3	31 543,0	31 558,7
11.........	32 100,3	31 798,4	31 516,2	"
12.........	32 126,7	31 797,4	31 489,2	"
13.........	(32 152,1)	31 796,1	31 464,4	"
14.........	32 177,4	31 795,0	31 438,7	"
15.........	32 201,3	31 794,0	31 413,4	"
16.........	(32 225,0)	31 792,9	31 388,1	"
17.........	32 247,3	31 791,9	31 363,2	"
18.........	32 268,9	31 790,3	31 338,1	"
19.........	32 290,0	31 789,7	31 313,1	"
20.........	32 308,0	31 787,8	31 288,8	"
21.........	"	31 785,8	31 264,1	"
22.........	"	"	31 239,3	"
23.........	"	"	31 213,6	"
24.........	"	"	31 180,3	"

Cette conclusion est confirmée par le calcul des moments d'inertie I et I′ de la molécule après et avant l'émission de la fréquence fondamentale ν_0. Les formules théoriques

$$P(m) = \nu_0 + c_0 - 2c_0 m + Cm^2, \qquad c_0 = \frac{h}{8\pi^2}\frac{1}{I'},$$

$$R(m) = \nu_0 + c_0 + 2c_0 m + Cm^2, \qquad C = \frac{h}{8\pi^2}\left(\frac{1}{I'} - \frac{1}{I}\right)$$

$$Q(m) = \nu_0 + Cm^2$$

ne représentent pas très bien la bande $\lambda = 3143$. Toutefois le calcul de

R(m) — P(m) détermine le coefficient c_0 avec une précision très suffisante. Au contraire, les différences secondes entre les valeurs successives de R(m) + P(m), égales théoriquement à $4C$ sont très irrégulières mais faibles, comme dans la bande $\lambda = 4320$: nous avons calculé I en choisissant pour C une valeur moyenne.

Le Tableau II donne pour les trois bandes des carbures d'hydrogène les moments d'inertie I et I', et la fréquence fondamentale ν_0 en nombre de vibrations par seconde.

TABLEAU II.

Bande.	I.	I'.	ν_0.
$\lambda = 4320$..........	$2,23.10^{-40}$	$2,19.10^{-40}$	$69,5.10^{13}$
$\lambda = 3889$..........	$2, 0.10^{-40}$	$2, 4.10^{-40}$	$77,1.10^{13}$
$\lambda = 3143$..........	$2,16.10^{-40}$	$2, 2.10^{-40}$	$95,3.10^{13}$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le mécanisme de la réaction explosive.* Note de M. **Audibert**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

J'ai indiqué, dans une précédente Note, que la décomposition explosive de la nitroglycérine n'est pas instantanée, mais progressive. L'expérience suivante indique dans quelle mesure cette proposition est susceptible de généralisation.

On remplit d'un mélange gazeux explosif un tube rectiligne, formé de trois tronçons de même diamètre intérieur (12^{mm}) et de longueurs comprises entre 60 et 80^{cm}; les tronçons extrêmes sont en verre, le tronçon médian en caoutchouc (feuille anglaise mince et souple). On amorce la détonation à l'une des extrémités libres de l'un des tronçons en verre et l'on photographie la flamme, avec un objectif réduisant à $\frac{1}{40}$, sur un tambour tournant à la vitesse périphérique de 35^m par seconde. L'image obtenue dans ces conditions se compose de deux traces lumineuses rectilignes, que sépare un intervalle obscur correspondant au tronçon en caoutchouc et qui sont également inclinées sur les génératrices du tambour; selon que ces deux droites parallèles sont ou non dans le prolongement l'une de l'autre, la loi de la propagation est ou n'est pas indépendante de la modification que comporte, pour les conditions aux limites, la substitution du caoutchouc au verre.

Or les images qu'on obtient en employant le mélange $CH^4 + 2O^2$ présentent, dans le sens des génératrices, un décalage qui dénote une altération profonde du mouvement de l'onde dans le tube en caoutchouc, faisant ressortir une réduc-

tion de la vitesse moyenne susceptible d'atteindre 75 pour 100. La propagation de la détonation est par conséquent, dans ce cas, sous la dépendance des conditions aux limites; en d'autres termes, la réaction explosive n'est pas instantanée.

Il n'en est pas de même avec le mélange tonnant $2H^2 + O^2$, qui donne deux images à peu près exactement alignées. Mais on retrouve un décalage de même sens et du même ordre de grandeur lorsqu'on ajoute à ce gaz une certaine quantité d'azote, par exemple lorsqu'on opère sur le mélange $2H^2 + O^2 + N^2$. L'oxydation de l'hydrogène, à haute température et sous forte pression est donc ralentie par la présence de l'azote : un résultat analogue a, par ailleurs, été signalé pour l'oxyde de carbone ([1]). Si l'on rapproche des résultats du fait que la décomposition explosive de la nitroglycérine fait passer son azote à l'état de protoxyde N^2O, on est conduit à les expliquer par la formation momentanée d'un oxyde d'azote qui se décompose par la suite en brûlant l'élément réducteur.

Le mécanisme de la réaction explosive paraît dès lors être le suivant :

Les atomes dont se compose la molécule d'un explosif quelconque, solide, liquide ou gazeux, peuvent, en se combinant de différentes manières, donner naissance à k systèmes gazeux différents. Des k réactions correspondantes, il en est une qui, dans les conditions de température et de pression qui s'établissent dans la tranche atteinte par l'onde, est plus rapide que toutes les autres. C'est cette réaction qui se produit d'abord quand l'explosif détone; le mélange gazeux (G) auquel elle donne naissance évolue ensuite suivant un processus exothermique. La durée de la décomposition de l'explosif varie d'après cela en sens inverse de la vitesse d'évolution du système (G). Elle est particulièrement brève, c'est-à-dire on a une explosion particulièrement brutale, avec les explosifs dont la composition est telle que k soit égal à l'unité ou que la plus rapide des k réactions possibles soit en même temps la plus fortement exothermique; le premier cas paraît être celui d'un certain nombre de solides de constitution extrêmement simple, chlorure, sulfure, iodure d'azote, azoture de plomb ou de mercure. Mais tous les explosifs pratiquement utilisables pour l'abatage d'un produit, tel que la houille, dont il importe de ne pas pousser la fragmentation à l'excès, c'est-à-dire tous ceux qui ne sont pas exceptionnellement brisants, détonent à la manière de la nitroglycérine.

([1]) W.-A. Bone, D.-M. Newitt and D.-T.-A. Townsend, *Proc. Roy. Soc.*, 1923, p. 103-205.

Ces considérations conduisent à la conclusion suivante :

Les réactions entre gaz, auxquelles la décomposition d'un explosif brisant donne lieu, comportent la combustion d'éléments réducteurs : hydrogène et oxyde de carbone, c'est-à-dire la production d'une flamme. Si donc le tir a lieu dans une atmosphère inflammable, par exemple en présence de grisou ou de poussières, la sécurité est subordonnée à la condition que ces réactions productrices de flamme soient arrêtées ou achevées avant tout contact avec le milieu ambiant. Il résulte de là qu'il n'existe pas d'explosif de sûreté, c'est-à-dire d'explosif spécifiquement inapte à allumer le grisou ou les poussières; il y a seulement, pour un explosif donné, des conditions d'emploi plus ou moins dangereuses que d'autres, et, pour des conditions d'emploi déterminées, des explosifs plus ou moins dangereux que d'autres.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la propagation de l'onde de choc.* Note de M. P. Laffitte, présentée par M. Le Chatelier.

L'objet des recherches rapportées dans la présente Note a été l'étude de la détonation des explosifs solides par la méthode d'enregistrement photographique, méthode utilisée jusqu'ici seulement pour l'étude des mélanges gazeux (Mallard et Le Chatelier, Dixon, etc.).

Les explosifs utilisés ont été la poudre Favier n° 1 (azotate d'ammoniaque 87,4; binitronaphtaline 12,6), l'acide picrique et la dynamite n° 1 (nitroglycérine 75; guhr 25). L'explosif est mis dans un tube de verre de 5 à 15^{mm} de diamètre, suivant les expériences. La détonation est provoquée à l'aide d'une capsule de 2^{g} de fulminate de mercure amorcée avec un détonateur électrique. La vitesse de rotation du cylindre photographique est telle que la vitesse linéaire de déplacement du papier sensible est de 40 à 45 m : sec suivant les expériences. Dans ces conditions, lorsqu'un tube de verre est en partie rempli d'explosif, on observe sur la photographie deux parties bien distinctes : une première image rectiligne correspond à la propagation de l'*onde explosive* dans l'explosif, et donne par son inclinaison une mesure de la vitesse de propagation; à la suite, une seconde image dont l'intensité lumineuse est au début au moins égale à celle de l'onde explosive, puis va rapidement en décroissant.

Cette image correspond à une *onde de choc* qui s'est formée au contact de la dernière tranche d'explosif et qui s'est propagée dans la partie du tube ne contenant pas d'explosif, c'est-à-dire dans l'air ou dans tout autre gaz con-

tenu dans le tube. L'inclinaison variable de cette seconde image montre que la vitesse de propagation de l'onde de choc est au début en général supérieure à celle de l'onde explosive, puis décroît ensuite sans que la loi de cette décroissance puisse être suivie longtemps. En effet, dans un gaz donné, l'onde de choc cesse d'être lumineuse après un certain parcours qui, pour l'explosif étudié, dépend de sa densité de chargement ainsi que du diamètre du tube.

Les expériences faites avec la dynamite n° 1 ont permis de photographier cette onde de choc dans l'air et dans divers gaz. La photographie n° 1 a été obtenue avec un tube de 75^{cm} de long et de 5^{mm} de diamètre intérieur. La dynamite ($5^{g},7$) occupait, à la densité de 0,95, une longueur de 25^{cm}; son explosion, qui s'est propagée à la vitesse de 2750 m : sec, est représentée par la partie rectiligne de l'image. On voit ensuite, après une interruption (produite par un papier noir collé sur le tube à l'extrémité de la dynamite),

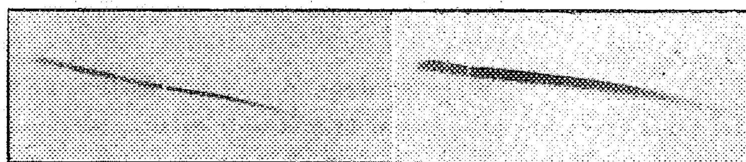


Fig. 1. Fig. 2.
(Reproduction en grandeur naturelle des négatifs originaux).

l'image de l'onde de choc dont la vitesse moyenne sur les 10 premiers centimètres de son parcours est de l'ordre de 3500 m : sec, puis sur les 15^{cm} suivants s'abaisse à 2500 m : sec environ ; au delà, l'image n'est plus visible. En employant un tube de plus grand diamètre, cette onde de choc est visible sur une plus grande longueur. Ainsi la photographie n° 2 a été obtenue avec un tube de 15^{mm} de diamètre contenant $13^{g},5$ de dynamite sur 10^{cm} (densité de chargement 0,90). On voit que l'onde de choc est visible sur 55^{cm} environ (distance entre les deux bandes de papier noir sur le tube : 50^{cm}).

Des expériences ont aussi été faites dans divers gaz : oxygène, azote, protoxyde et peroxyde d'azote, hydrogène, acétylène, cyanogène, oxyde de carbone, acide carbonique, anhydride sulfureux et hydrogène sulfuré. La dynamite était employée à une densité de chargement de 0,95 sur une longueur de 25^{cm}, dans des tubes de 5^{mm} de diamètre et de 75^{cm} de long fermés aux extrémités. La photographie n° 3 a été obtenue avec un tube

contenant de l'hydrogène; l'onde explosive se propageant à 2750^m par seconde a donné naissance à une onde de choc se déplaçant, sur 20^{cm} environ, à la vitesse uniforme de 4900^m par seconde environ; au delà elle n'est plus lumineuse. Avec les autres gaz étudiés on a, en général, pour l'onde de choc, des vitesses du même ordre de grandeur que dans l'air et une intensité lumi-

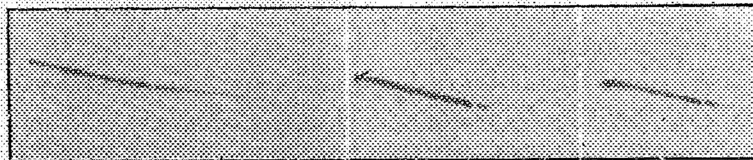


Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

neuse analogue. Dans l'hydrogène sulfuré, cependant, cette onde de choc n'est pas visible (photographie n° 4) excepté sur 2 ou 3^{cm} seulement, la chaleur dégagée au passage de l'onde de choc étant alors absorbée par la décomposition de l'hydrogène sulfuré. Dans un vide de l'ordre de $0^{mm},1$ de mercure aucune onde de choc n'est visible (photographie n° 5) sauf sur les 2 ou 3^{cm} après la fin de la dynamite.

Des expériences sont actuellement en cours dans le but d'appliquer les résultats précédents à l'étude de la transmission de la détonation à distance.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la stéréochimie du ruthénium.* Note [1] de M. Raymond Charonnat, présentée par M. A. Béhal.

La théorie de Werner est-elle applicable aux combinaisons complexes du ruthénium? Les combinaisons que l'on connaît s'écartent presque toutes des types des complexes que forment les métaux voisins du ruthénium dans la classification périodique (rhodium, iridium). On ne connaît pas de ruthénohexachlorures, mais des ruthénopentachlorures $[RuCl^5]M^2$ et des ruthénoaquopentachlorures $[Ru(H^2O)Cl^5]M^2$; il existe des pentanitrites $[Ru(NO^2)^5]M^2$ et non des hexanitrites comme ceux de Ir, Rh, Co. On n'a pas encore signalé de couples d'isomères dans les combinaisons telles que $[Ru(NO)A^4X]X^2$ (A = atome ou groupe monocoordinant ou demi-groupe

(1) Séance du 31 mars 1924.

bicoordinant, X = atome ou groupe monovalent) où la théorie de Werner en prévoit. Par contre, J. Lewis Howe [1] d'une part, U. Antony [2] de l'autre, ont décrit deux ruthénihexachlorures de potassium $[RuCl^6]K^2$ très différents, alors que la théorie n'en prévoit qu'un seul. Enfin jusqu'alors aucune combinaison optiquement active n'a été isolée : un des derniers mémoires de Werner, publié en collaboration avec P. Smirnoff [3] relate l'échec des tentatives faites sur les complexes $(Ru(NO)en^2(OH)]X^2$ (en = éthylènediamine).

L'étude de la stéréochimie du ruthénium méritait d'être reprise. Peut-on former des combinaisons parfaitement hexacoordonnées et analogues à celles de l'iridium et du rhodium. Peut-on obtenir les isomères cis et trans des sels dont la formule laisse prévoir ces deux formes. Peut-on dédoubler un ion complexe ayant un atome de ruthénium au centre et une formule dissymétrique en deux antipodes? J'ai résolu par l'affirmative ces trois questions; la présente Note expose succinctement la solution des deux premières.

Par action de l'oxalate neutre de potassium en léger excès sur l'acide chlororuthénique $RuCl^3$, HCl, $2H^2O$, à 130° pendant 2 heures, j'ai obtenu la combinaison $2[Ru(C^2O^4)^3]K^3$, KCl, $8H^2O$ qui se présente en énormes rhomboèdres basés de couleur verte, de forme presque identique à celle des dérivés de l'iridium et du rhodium de même composition décrits par M. Delépine [4] et M. Duffour [5]. Par recristallisation dans l'eau, le sel double se sépare en ses constituants; on obtient le ruthénotrioxalate de potassium $[Ru(C^2O^4)^3]K^3$, $4,5H^2O$ en gros prismes tricliniques verts isomorphes des irido- et rhodotrioxalates de potassium, syncristallisant avec les alumino- chromi- et ferritrioxalates de potassium.

L'anion iridotrioxalique a été dédoublé en ses antipodes par M. Delépine [6], le complexe rhodique par Werner [7]; la cristallisation fractionnée des sels de strychnine (Delépine), des sels de baryum et strychnine (Werner) ne m'a pas permis de séparer dans le cas du ruthénium les formes

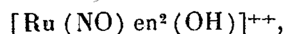
---

(1) J. Lewis Howe, *J. Am. Chem. Soc.*, t. 26, 1904, p. 543.
(2) U. Antony, *Gazz. Chim. Ital.*, t. 29, 1889, p. 1. — Voir Werner, *Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie*, 3e édit., p. 374.
(3) A. Werner et P. Smirnoff, *Helv. Chem. Acta*, t. 3, 1920, p. 737.
(4) M. Delépine, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 21, 1917, p. 166.
(5) A. Duffour, *Bull. Soc. Min.*, t. 45, 1922, p. 59.
(6) M. Delépine, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 21, 1917, p. 157.
(7) Werner, *D. Ch. G.*, t. 47, 1914, p. 1954.

actives de l'anion; le dédoublement présente de grandes difficultés qui tiennent à la fragilité de l'ion $[Ru(C^2O^4)^3]^{\equiv}$, mais il est possible; en effet on peut former un racémique mixte (Ru, Ir) [1]. Le *d*-iridotrioxalate de potassium (rhomboédrique) a pu syncristalliser avec le $(d+l)$ ruthénotrioxalate en formant des cristaux tricliniques; le pouvoir rotatoire de ces cristaux pour la lumière jaune du sodium correspondait à celui de l'iridotrioxalate qu'ils contenaient, ce qui montre que le ruthénotrioxalate actif libéré se racémise immédiatement en solution aqueuse ou que son pouvoir rotatoire en lumière jaune est voisin de zéro (c'est le cas du rhodotrioxalate de potassium actif). De nouvelles recherches seront faites pour élucider cette question.

L'action ménagée de la pyridine sur le ruthénotrioxalate de potassium donne un ruthénodipyridinodioxalate de potassium $[RuPy^2(C^2O^4)^2]K$ se présentant sous deux états d'hydratation; le sel à $6H^2O$ en octaèdres monocliniques jaune brun, très efflorescent, le sel à $2H^2O$ en aiguilles monocliniques rouges; tous deux, à la couleur et à la fragilité près, ressemblent étroitement aux deux iridodipyridino-1.6-dioxalates de potassium que M. Delépine a décrits [2].

Werner et Smirnoff (*Mém. cit.*), n'ayant pu dédoubler l'ion


$$[Ru(NO)en^2(OH)]^{++},$$

ont conclu que les groupes (NO) et (OH) devaient être placés en 1-6 sur l'octaèdre (isomère *trans*). C'est dans cette série même de complexes que j'ai cherché à mettre en évidence une paire d'isomères *cis* et *trans*. Les auteurs cités préparaient leurs corps par substitution de l'éthylènediamine à l'ammoniaque dans les dérivés ammoniés de Joly $[Ru(NO)(NH^3)^4OH]^{++}$; on les obtient plus simplement par action de l'éthylènediamine sur un chlorosel nitrosé à la température ordinaire; avec de l'iodure de potassium on précipite le corps de Werner $[Ru(NO)en^2(OH)]I^2$ accompagné de $[Ru(NO)en\,I^3]$: je n'ai pu isoler dans les produits de la réaction un autre corps de même formule. Les hydracides transforment les sels hydroxo en sels $[Ru(NO)en^2X]X^2$ et non en sels aquo comme dans le cas des dérivés tétrammoniés. Le diiodure de ruthénonitrosoiododiéthylènediamine $[Ru(NO)en^2I]I^2$ qui cristallise en aiguilles rouges efflorescentes à $2H^2O$, par chauffage prolongé au bain-marie ou à l'autoclave, se

(1) M. DELÉPINE, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 29, 1921, p. 656.
(2) M. DELÉPINE, *Ann. Chim.*, 9e série, t. 29, 1923, p. 156.

transforme irréversiblement en un sel de même composition qui cristallise anhydre en masses mamelonnées d'un rouge plus foncé ; les picrates, chloroplatinates, chloroiridates, chloromercurates de ces deux isomères forment deux séries tout à fait différentes. Le dérivé hydroxo $[Ru(NO)en^2(OH)]I^2$ ne subit pas la même transposition qui est analogue à celle du chlorure de cobalti-*trans*dichlorodiéthylènediamine $(Co\,Cl^2\,en^2)\,Cl$ en isomère *cis* par simple chauffage à 100° (1). Si la série de Werner est bien celle des dérivés *trans*, la nouvelle doit être une série de dérivés *cis* (plus stable, à vitesse de formation moindre).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du brome sur les éthers sulfométhyliques des phénols. Dosage du soufre dans les éthers et les sels phénolsulfoniques.* Note de MM. **L.-J. Simon** et **M. Frèrejacque.**

L'action du sulfate diméthylique sur les phénols et leurs éthers méthyliques nous a fourni une méthode avantageuse pour obtenir leurs éthers méthylsulfoniques (2). Nous avons examiné l'action du brome sur ces éthers.

I. Lorsqu'on fait agir le brome (1^{at}) en solution méthylique sur l'éther orthocrésolsulfonique $C^6H^3(OH)_1(CH^3)_2SO^3CH^3$ (1^{mol}) en solution méthylique *bien refroidie* on isole facilement après évaporation de l'alcool :

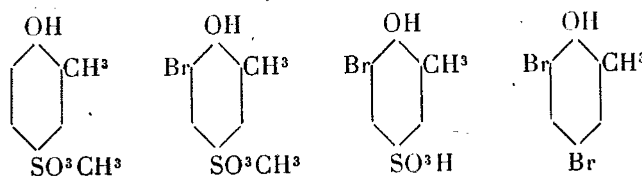
1° Un produit de substitution $C^6H^2(OH)_1(CH^3)_2(SO^3CH^3)Br$, insoluble dans l'eau et soluble dans l'éther, fondant à 143° après purification dans la ligroïne. Ce corps a conservé les propriétés méthylantes du corps dont on est parti et fournit, en particulier, le dérivé caractéristique de l'urotropine (3).

2° L'acide correspondant à l'éther précédent, soluble dans l'eau et insoluble dans l'éther, qu'on a caractérisé par son sel de baryum peu soluble à froid.

Il y a donc *à froid* substitution du brome et déméthylation de l'éther, mais il n'y a pas libération d'acide sulfurique. *A la température du bain-marie bouillant* un second atome de brome entre en jeu mais en chassant le groupe SO^3H et s'y substituant, en sorte qu'en employant un excès de

(1) Jorgensen, *J. prakt. Ch.*, 2e série, t. 41, 1890, p. 448.
(2) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 900-902.
(3) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 945-947.

brome à chaud on obtient uniquement le dibromo-orthocrésol et l'acide sulfurique.



L'acide bromocrésol sulfonique et le dibromocrésol ainsi obtenus ont pu être identifiés avec des corps déjà décrits : la constitution de l'éther méthylsulfonique initial se trouve fixée, sous réserve de l'exactitude de celle de l'acide bromocrésolsulfonique.

L'action du brome sur l'éther anisolsulfonique $C^6H^4(OCH^3)_1(SO^3CH^3)_4$ conduit parallèlement aux deux dérivés bromés $C^6H^3(OCH^3)_1(SO^3H)_4Br$ et $C^6H^3(OCH^3)Br^2$. Là encore le second atome de brome ne se fixe pas sans chasser le groupe sulfurique.

Le sulfate diméthylique qui sulfone si aisément les phénols n'agit pas sur leurs dérivés bromés, même à des températures égales ou supérieures à celles qui provoquent la sulfonation des phénols. Les essais qui ont porté sur le tribromophénol, le tribromocrésol, le dibromoanisol ont été négatifs en ce qui concerne la sulfonation. Avec le tribromophénol on a observé la formation de tribromoanisol. Cette inertie est d'ailleurs en harmonie avec l'*élimination totale du groupement sulfonique par le brome qui nous a permis d'utiliser cet agent à la détermination quantitative du soufre dans les dérivés sulfoniques des phénols.*

II. Sur ce sujet il a été publié récemment, par M. Desvergnes ([1]), une « méthode rapide d'analyse des acides sulfoniques ». Il s'agissait seulement de suivre les progrès de la sulfonation industrielle du phénol, c'est-à-dire de trouver la proportion des acides mono, di et éventuellement trisulfonique. Le procédé repose sur le fait que ces acides sont en solution aqueuse hydrolysés par une solution saturée de brome dans l'acide chlorhydrique, si l'on opère avec des concentrations convenables de réactif et d'acide phénolsulfonique. En fait, M. Desvergnes employait à la sulfonation du phénol une quantité connue d'acide qu'il retrouvait ensuite dans le mélange brut au moyen de son procédé. Il n'a pas appliqué ce procédé à des dérivés sulfoniques définis; il n'en indique aucun contrôle sur des substances pures.

([1]) *Ann. Chim. analyt.*, 2e série, t. 2, 1920, p. 24.

Ayant à notre disposition un certain nombre de dérivés sulfoniques purs, bien cristallisés et très maniables, nous les avons soumis au procédé de M. Desvergnes et nous lui apportons pleine confirmation. Nos éthers méthylsulfoniques étant insolubles dans l'eau, il a fallu commencer par les hydrolyser par une action plus ou moins prolongée de l'eau bouillante : en général l'éther est solubilisé en moins d'une demi-heure. Ceci fait on ajoute le réactif de M. Desvergnes (20^{cm^3} pour 2 à 3^{dg} de substance) et l'on chauffe jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de brome, environ une demi-heure également. On dilue, on filtre le dérivé halogéné et l'on dose l'acide sulfurique dans la liqueur filtrée. Voici quelques-uns des résultats obtenus :

Substance.	S pour 100 calculé.	S pour 100 trouvé.
$C^6H^4(OH)_1(SO^3CH^3)_4$..........	17,0	17,0
$C^6H^3(OH)_1(CH^3)_2(SO^3CH^3)_3$...	15,8	15,8
$C^6H^4(OCH^3)_1(SO^3CH^3)_4$........	15,8	15,7
$C^6H^3(OH)_1(CO^2CH^3)_2(SO^3CH^3)$.	13,0	13,0
$C^6H^3(OH)_1(CH^3)_4(SO^3CH^3)$.....	15,7	15,8

Les dérivés d'addition *solubles dans l'eau* des éthers sulfoniques avec les bases tertiaires sont directement justiciables de cette méthode. Les chiffres indiqués se rapportent aux anisolsulfonates des bases quaternaires obtenues (*loc. cit.*) avec les bases tertiaires suivantes :

Diméthylaniline	9,9	9,9
Antipyrine	8,2	8,1
Brucine...........................	5,21	5,25
Quinine...........................	6,08	6,10

Remarques. — 1° Les acides acycliques méthanesulfonique CH^3SO^3H et sulfacétique $SO^3H.CH^2CO^2H$ ou plus exactement leurs sels de baryum ne cèdent *pas trace* d'acide sulfurique dans les mêmes circonstances.

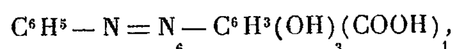
2° L'acide phénolsulfonique ne fournit finalement pas trace de tribromophénol comme semble le supposer M. Desvergnes, mais exclusivement le chloranile. En résumé, l'action du brome sur les éthers méthylsulfoniques des phénols fournit *à froid* un dérivé de substitution et provoque *à chaud* une désulfonation qui peut être totale et permet en conséquence d'utiliser cette action au dosage du soufre dans ces molécules.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Acides métaoxybenzoïques iodés.*

Note de MM. **P. Brenans** et **C. Prost**, présentée par M. A. Haller

Weselsky [1] dans l'action de l'iode et de l'oxyde de mercure sur une solution alcoolique d'acide métaoxybenzoïque a obtenu un acide monoiodé dont il n'indique pas le point de fusion, ni la constitution.

Limpricht [2] en copulant le chlorure de diazobenzène avec une solution alcaline d'acide métaoxybenzoïque obtint l'oxyazoïque



$$C^6H^5 - N = N_6 - C^6H^3(OH)_3(COOH)_1,$$

qui réduit par le protochlorure d'étain fournit l'acide aminobenzoïque $C^6H^3(NH^2)_6(OH)_3(COOH)_1$ dont le chlorhydrate de diazo décomposé par l'acide iodhydrique donne l'acide iodé $C^6H^3I_6(OH)_3(COOH)_1$ fusible vers 196°.

Beyer [3], en reprenant le travail de Griess [4] sur la nitration de l'acide métaoxybenzoïque, isola l'acide mononitré $C^6H^3(NO^2)_4(OH)_3(COOH)_1$, puis un acide qu'il montra être l'isomère 1.3.6 et non l'isomère 1.3.5 comme le pensait Griess, et enfin l'isomère 1.3.2. En décomposant par une solution aqueuse d'iodure de potassium le sulfate du diazoïque de l'acide aminométaoxybenzoïque 1.3.4 il obtint l'acide iodé $C^6H^3I_4(OH)_3(COOH)_1$, fusible à 226°-228° identique à l'acide iodé qu'il obtint par l'ioduration de l'acide métaoxybenzoïque par la méthode de Weselsky. Il prépara de même, à l'aide du diazoïque de l'acide aminooxybenzoïque 1.3.6, l'acide iodé $C^6H^3I_6(OH)_3(COOH)_1$ de Limpricht.

Quand le travail de Beyer parut, nous avions déjà obtenu les résultats acquis par ce chimiste. Ayant entrepris un travail d'ensemble sur les acides oxybenzoïques iodés, nous désirons les faire connaître.

Acides métaoxybenzoïques mononitrés. — En suivant les indications de Griess, on obtient l'isomère $C^6H^3(NO^2)_4(OH)_3(COOH)_1$ dans la propor-

---

(1) Weselsky, *Liebig's Ann. der Chemie*, t. 174, 1874, p. 105.

(2) Limpricht, *Liebig's Ann. der Chemie*, t. 263, 1891, p. 234.

(3) Beyer, *Recueil des Travaux chimiques des Pays-Bas*, t. 40, 1921, p. 621.

(4) Griess, *Bericht*, t. 20, 1887, p. 403.

tion de $2^g,50$ pour 10^g d'acide métaoxybenzoïque soumis à la nitration. Purifié, il est en cristaux rouge orangé, fusibles à 230°.

L'isomère $C^6H^3(NO^2)_6(OH)_3(COOH)_1$ obtenu en décomposant son sel de baryum par l'acide sulfurique cristallise de sa solution aqueuse concentrée en aiguilles jaune pâle brunissant dès 155° et fusibles à 167°. Le rendement est de 3^g pour 10^g d'acide métaoxybenzoïque.

$C^6H^3(NH^2HCl)_4(OH)_3(COHO)_1$. — A un mélange de 12^g d'étain et de 40^{cm^3} d'acide chlorhydrique employé en plusieurs fois on ajoute peu à peu 10^g d'acide nitrooxybenzoïque 1.3.4; en chauffant et en agitant la réduction a lieu. La liqueur, à froid, abandonne le sel double d'étain et de l'amine en cristaux jaune pâle. On dissout la bouillie cristalline dans l'eau et l'on précipite l'étain par l'hydrogène sulfuré. La solution séparée du sulfure d'étain et distillée dans le vide donne le chlorhydrate en aiguilles blanches, se décomposant vers 210°.

Acide iodométaoxybenzoïque $C^6H^3I_4(OH)_3(COOH)_1$. — On dissout $5^g,70$ de chlorhydrate dans 60^{cm^3} d'eau bouillante; on additionne la liqueur de 8^g d'acide sulfurique pur en agitant de façon à avoir le sulfate à l'état très divisé. On ajoute au mélange maintenu à 0° une solution de $2^g,20$ de nitrite de soude dans 10^{cm^3} d'eau. La réaction terminée, on verse la bouillie rouge orangé du sulfate du diazo peu soluble dans 18^g d'acide iodhydrique concentré refroidi. On porte peu à peu le mélange à 90°; quand le dégagement d'azote a cessé, on décolore avec du gaz sulfureux la liqueur froide colorée par de l'iode. Pour purifier le produit brut (7^g), on maintient sa solution dans l'eau chaude additionnée de noir de sang au bain-marie bouillant. La liqueur incolore filtrée abandonne à froid l'acide iodé en aiguilles blanches, fusibles à 226° en se décomposant.

Cet isomère est identique à l'acide métaoxybenzoïque iodé que nous avons préparé par le procédé de Weselsky.

L'éther acétique $C^6H^3I_4(OCOCH^3)_3(COOH)_1$ obtenu avec l'acide iodé ayant l'une ou l'autre origine est en paillettes blanches, fusibles à 203°.

$C^6H^3(NH^2HCl)_6(OH)_3(COOH)_1$. — Ce sel a été obtenu en réduisant par l'étain et l'acide chlorhydrique l'acide nitré $C^6H^3(NO^2)_6(OH)_3(COOH)_1$. On opère comme nous venons de l'indiquer pour le sel isomère 1.3.4. Aiguilles blanches se décomposant vers 200°.

Acide iodométaoxybenzoïque $C^6H^3I_6(OH)_3(COOH)_1$. — Pour obtenir cet

isomère avec le chlorhydrate 1.3.6, nous avons opéré comme pour la préparation de l'isomère iodé 1.3.4. Le sulfate du diazo est jaune pâle, peu soluble. Il a été purifié par cristallisation dans l'eau chaude additionnée de noir de sang. Aiguilles blanches, brillantes, brunissant à 196°, fusibles à 198°.

Éther acétique $C^6H^3I\underset{6}{(OCOCH^3)}\underset{3}{(COOH)}_1$. — Fines aiguilles, blanches, fusibles à 157°.

Acide métaoxybenzoïque azobenzène $C^6H^5 - \underset{6}{N^2} - C^6H^3\underset{3}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$. — On ajoute, en agitant à un mélange de 45^g d'acide chlorhydrique et de 100^g d'eau, 14^g d'aniline, puis on introduit peu à peu dans la liqueur refroidie au-dessous de 0° une solution de 11^g,35 de nitrite de soude dans 40$^{cm^3}$ d'eau. On verse la solution du diazo dans une dissolution refroidie de 20^g,7 d'acide métaoxybenzoïque dans 65^g de lessive de soude à 40 pour 100 étendue de 65^g d'eau. La solution rouge de l'azoïque est mélangée avec 500^g d'eau contenant 80^g d'acide chlorhydrique, puis on maintient au BM tiède pendant une heure le mélange. Le produit brut (40^g) est purifié en le traitant par une solution de 10^g de carbonate de soude dans 250$^{cm^3}$ d'eau; on sépare un peu de résine insoluble et l'on décompose la solution alcaline par l'acide chlorhydrique. Après deux cristallisations dans l'alcool l'azoïque pur est en aiguilles jaune foncé, brillantes, fusibles à 223°.

Pour réduire cet azoïque, on ajoute 7^g,26 du composé dans une solution de 15^g de protochlorure d'étain dans 15$^{cm^3}$ d'acide chlorhydrique; la réaction se manifeste par un échauffement du mélange. On recueille le sel double et l'on précipite l'étain de sa solution aqueuse par l'hydrogène sulfuré. La liqueur séparée du sulfure d'étain et distillée dans le vide fournit le chlorhydrate $C^6H^3\underset{6}{(NH^2.HCl)}\underset{3}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$, contenant un peu de chlorhydrate d'aniline.

L'acide oxybenzoïque iodé que nous avons ensuite préparé avec ce sel ayant pour origine l'azoïque de Limpricht $C^6H^3 - \underset{6}{N^2}(C^6H^3\underset{3}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$ de constitution certaine est identique à l'acide iodé obtenu avec le chlorhydrate de l'acide aminométaoxybenzoïque provenant de la réduction de l'acide nitrométaoxybenzoïque de Griess. Les éthers acétiques sont identiques. Ces faits démontrent que l'acide nitré de Griess est bien l'isomère $C^6H^3\underset{6}{(NO^2)}\underset{3}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$, et non l'isomère 1.3.5.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à la connaissance du sulfure de picryle; action des alcalis.* Note de MM. **V. Thomas**, **M. Bathiat** et **A. Génet**, présentée par M. A. Haller.

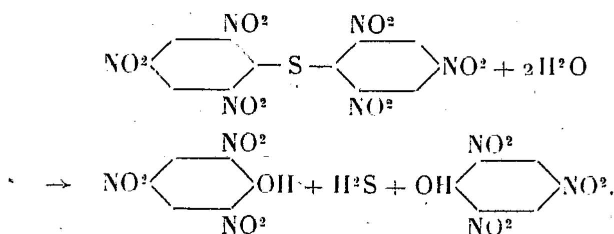
La potasse alcoolique attaque le sulfure de picryle dès la température ordinaire en donnant une solution rouge foncée. A chaud, l'attaque, beaucoup, plus rapide, donne lieu à un dégagement d'ammoniaque; elle se produit déjà très régulièrement avec de la potasse à 3 pour 100.

La présente Note a pour but de résumer les résultats auxquels nous a conduits l'étude de cette réaction.

1. L'attaque par la potasse alcoolique donne naissance, à froid comme à chaud, à de l'acide picrique (picrate de K), à du picrate d'éthyle et à de l'acide picramique (picramate de K).

Au cours de la réaction se forme, à chaud tout au moins, une petite quantité de produit fondant à 115°, possédant les propriétés d'un dinitrophénol, et que le traitement par les mélanges nitrants transforme en acide picrique, ce qui permet de l'identifier, étant donné son point de fusion avec le dinitrophénol 1.2.4.

La réaction principale s'effectue donc suivant le schéma



Sous l'influence du sulfure de potassium qui prend naissance, une des deux molécules d'acide picrique est réduite normalement à l'état d'acide picramique, le soufre passant à l'état de sulfite de potasse.

Le bilan de réaction, établi d'après les réactions précédentes, indiquerait un rendement en picramate de potasse de 51,5 pour 100 et un rendement en picrate (calculé en picrate d'éthyle) de 56,3 pour 100. Pratiquement nous avons obtenu 42,8 de picramate, 26,9 de picrate d'éthyle et 7,2 de picrate de potasse, la proportion de ces deux derniers variant suivant les conditions expérimentales, par suite d'une saponification plus ou moins avancée de l'éther. D'autre part nous avons pu isoler

3 pour 100 de dinitrophénol. La masse, du reste, subit une décomposition plus avancée et fournit environ 10 pour 100 de goudron.

2. Afin d'étudier le processus de cette décomposition, nous avons été amenés à essayer le dédoublement en l'absence d'eau. Nous avons employé, comme agent de dédoublement, l'isoamylate de soude en dissolution dans l'alcool amylique. Pour obvier à la faible solubilité du sulfure de picryle dans cet alcool, le sulfure a été placé dans un appareil d'extraction et épuisé par les vapeurs de la solution d'amylate de soude. Dans ces conditions, il se dissout progressivement et la liqueur d'amylate se colore en rouge extrêmement foncé au contact du liquide s'écoulant de l'extracteur.

Ce qui différencie immédiatement cette réaction du dédoublement par la potasse alcoolique, c'est la non-formation d'ammoniaque même en présence d'un grand excès d'amylate de soude à température élevée (190°).

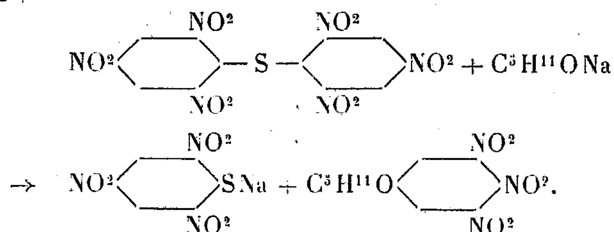
La séparation des produits formés dans la réaction ne va pas sans difficulté. Toutefois la benzine permet de séparer un constituant soluble et un constituant insoluble.

Le composé insoluble dans la benzine est soluble dans l'alcool, le chloroforme, l'éther, l'acétone, mais, de toutes ces solutions, nous n'avons pu l'obtenir cristallisé. Le produit de couleur jaune déflagre très vivement sous l'action de la chaleur, ce qui rend pénible la détermination des cendres. Celles-ci sont constituées par du sulfate de soude. Le composé est donc de nature saline. Le dosage du soufre indique une teneur de 12 pour 100. Traité par l'eau, il se décompose en donnant une solution rouge virant au jaune par les acides. Il se dissout directement en jaune dans les acides. Les liqueurs acides renferment de l'acide picrique. Ces faits nous conduisent à penser que nous sommes en présence d'un thiopicrate de soude (S théorique : 11,9).

Quant au composé soluble de la benzine, on peut arriver aussi à le purifier par cristallisation dans l'alcool ordinaire ou l'alcool amylique. Nous l'avons obtenu finalement isolé sous forme de lamelles fondant régulièrement à 69° (point de fusion déterminé au bloc et au bain d'acide sulfurique). Traitées par l'eau, elles se décomposent à chaud avec formation d'acide picrique. La liqueur renferme, en outre, de l'alcool amylique que nous avons pu caractériser par transformation en acétate d'amyle et en acide valérianique. Ce composé se trouve, par suite, identifié avec le picrate d'amyle décrit par Jackson (¹), le point de fusion donné par cet auteur étant de 68-69°.

(¹) *Amer. Chem. J.*, t. 29, p. 452.

La décomposition du sulfure de picryle par l'amylate de soude peut donc être formulée



Il est probable que le thiopicrate au contact de l'eau se dédouble en acide picrique et sulfhydrate alcalin; mais dans la solution, même colorée en rouge, on ne peut déceler la présence d'acide picramique par la réaction de Derrien, après deux heures de chauffe au bain-marie.

La décomposition qu'éprouve le sulfure de picryle par traitement à la potasse alcoolique peut par suite être interprétée de la façon suivante :

a. Dédoublement en picrate d'éthyle et thiopicrate;

b. Dédoublement partiel par hydrolyse du picrate d'éthyle en alcool et picrate alcalin;

c. Dédoublement par hydrolyse du thiopicrate en picrate et sulfhydrate;

d. Réduction de l'acide picrique en acide picramique par le sulfure en milieu alcalin.

Quant au processus de réactions conduisant à la formation d'ammoniaque et de dinitriphénol, il reste encore à élucider. Il est probable toutefois que le dégagement d'ammoniaque est lié à des réactions de même ordre que celles qui permettent la formation de ce corps à partir de l'acide picrique.

Nos recherches se poursuivent à ce sujet.

LITHOLOGIE. — *Granite et microgranite à structure graphique, près Périers (Manche), et roches écrasées des environs de Coutances.* Note (1) de Mme **E. Jérémine.**

La roche granitique du Pont de la Feuillie, des Millières, de la Cauchardière est intermédiaire au point de vue de la structure entre le granite et le microgranite; le microcline et le quartz y sont associés en fine pegmatite

(1) Séance du 31 mars 1924.

graphique. On y rencontre des cristaux d'albite, de microcline, d'orthose et de quartz tantôt au centre d'un groupement pegmatique, tantôt isolés. Quand l'albite est au centre d'un étoilement graphique, elle est entourée d'abord par une bordure de microcline. L'orthose est souvent faculée d'orthose sodique ou bien l'orthose et le microcline sont faculés d'albite. Parfois la roche est composée uniquement par des étoilements graphiques sans grands cristaux de quartz ou de feldspath. La roche est presque leucocrate. Le seul minéral ferromagnésien, peu abondant, y est une biotite en petites lamelles faiblement colorées, à peine biaxe (polychroïsme n_g = jaune brunâtre, n_p = jaune très pâle, n_m = jaune brunâtre). Elle est généralement altérée, sauf dans le gisement des Millières. Ce mica semble être d'origine pneumatolytique, car il pénètre souvent dans les moindres fissures de la roche ou des minéraux qu'elle contient.

Les phénomènes d'écrasement apparaissent dans une roche encore franchement graphique. Les premiers symptômes en sont : l'extinction roulante du quartz, des cassures, accompagnées de dislocations dans les feldspaths, des apparitions locales de la structure en mortier. Par des passages insensibles, dans un écrasement croissant, on arrive au granite qui affleure à Tringale (1^{km},5 des Millières). L'on y voit de grands cristaux de quartz à extinction roulante, qui contient quelques lambeaux irréguliers de microcline à extinction simultanée, des feldspaths brisés et des régions de pegmatite graphique déformée. La structure en mortier est assez développée. Une roche analogue affleure sur la route de Périers à la Feuillie près de la carrière dite de Grurie.

Cette carrière est ouverte dans une pegmatite graphique et un granite écrasés; ces roches affectent sur le terrain une apparence trompeuse de roche sédimentaire. Hololeucocrates, riches en quartz, elles rappellent une arkose avec, sur un fond blanc laiteux, des galets arrondis ou déchiquetés de quartz bleu noir. Les diaclases vaguement régulières accentuées par l'écrasement, leur donnent un faux aspect stratiforme. Les géologues, qui n'ont pas utilisé l'étude microscopique, les ont marquées sur la carte comme grès feldspathique cambrien. Nous insistons sur son origine magmatique et non sédimentaire; on ne peut admettre l'hypothèse d'une roche recristallisée; ses éléments se touchent directement sans aucun ciment, fréquemment toute la roche est pegmatique, mais brisée, les lambeaux pegmatiques intacts ne peuvent être regardés comme des débris clastiques. Les cristaux de quartz à apparence de galets ne sont pas roulés, ni nettement limités au sein de la roche, mais ils la pénètrent insensiblement et

capricieusement. Ils présentent des extinctions roulantes ou bien sont brisés en plusieurs fragments, plus ou moins déviés de leur orientation originelle. Parfois ils contiennent de petits cristaux de microcline. Ils sont riches en traînées d'inclusions liquides avec bulle mobile très animée.

L'analyse chimique de la pegmatite graphique typique du Pont de la Feuillie et celle de la roche à quartz noir de la Grurie (analyses 1 et 2) confirment qu'il s'agit bien d'une même roche.

Un autre gisement du même granite à structure graphique, situé un peu au sud-est de la carrière du Pont de la Feuillie dans une carrière abandonnée, est marqué sur la Carte géologique comme étant formé par un grès cambrien. Ici des phénomènes de désagrégation aidés par l'écrasement ont déterminé un délit en forme de boules, qui est seulement esquissé, la roche étant encore très fraîche. Dire qu'il s'agit là d'un conglomérat géant n'est pas possible, car la matière qui se trouve entre les boules et qu'un examen superficiel pourrait faire prendre pour un ciment apparaît, d'après l'étude en plaques minces, comme identique à la matière des blocs arrondis seulement désagrégés par les agents atmosphériques. A l'entrée de cette carrière (en venant du Pont de la Feuillie) on trouve encore la même roche que dans la carrière de Grurie, elle contient, en outre, des lits très minces, à peine inclinés, à aspect bréchiforme dont les éléments sont formés par une pegmatite graphique séricitisée, englobant une roche verdâtre filonienne.

Ce massif est figuré sur la carte géologique tantôt en grès feldspathique cambrien, tantôt en conglomérat de la base du Cambrien, tantôt comme appartenant à la « syénite de Coutances ». Nous ne prétendons pas en établir les contours précis. Mais il nous a paru intéressant de montrer que la roche qui le constitue mérite une désignation particulière, qu'elle est d'origine magmatique et qu'elle présente des particularités dues à l'écrasement.

J'ai rencontré d'autres roches écrasées dans les environs de Coutances sur les bords du massif de diorite quartzique (carrière de la Sourcinière et vallée de Cambernon au Nord, près d'Agon à l'Ouest). La roche de la Sourcinière présente des filonnets noirs à forme capricieuse de zoisite sur un fond blanc ou gris. Elle est leucocrate (voir analyse 3). Sa teinte noirâtre est due aux inclusions, en forme de poussière ferrugineuse extrêmement fine (schillérisation), distribuées dans les feldspaths. Ces derniers paraissent avoir été moins intéressés par l'écrasement que le quartz; cette roche contient des zones plus riches en amphibole.

Dans la vallée du Cambernon près de Château Lamare les phénomènes

d'écrasement ont été encore plus intenses. Les feldspaths saussuritisés ont pris une forme lenticulaire et autour d'eux s'alignent des traînées de quartz brisé et de muscovite.

Enfin les roches écrasées des environs d'Agon contiennent un peu de chlorite, de l'amphibole, de l'épidote, un peu de séricite et de calcite. A 500^{m} au nord d'Agon des débris de roche retirés d'un puits se sont montrés très écrasés; par leur structure, par la finesse de leur grain, elles se rapprochent de véritables mylonites.

Les analyses chimiques (3 et 4), effectuées par M. Raoult, montrent que les roches écrasées ont une certaine parenté avec la diorite de Coutances, mais elles ne lui sont pas identiques. Elles proviennent vraisemblablement d'un facies de variation de cette diorite.

	1.	2.	3.	4.
SiO^2	76,78	81,30	74,08	73,68
Al^2O^3	13,09	10,68	12.73	16,09
Fe^2O^3	0,37	0,25	0,36	0,49
FeO	1,74	0,54	1,85	0,86
MnO	0,08	tr.	0,12	0,14
MgO	0,28	tr.	1,11	0,14
CaO	0,58	0,22	3,82	1,78
Na^2O	2,78	4,74	4,09	3,78
K^2O	3,06	1,55	1,05	1,66
TiO^2	0,09	0,07	0,06	0,05
P^2O^5	néant	néant	néant	tr.
H^2O+	0,74	0,64	0,78	1,11
» —	0,29	0,34	0,41	0,21
	99,88	100,33	100,46	99,99

1. Granite alcalin à fine structure graphique I.3.1(2).3'. Pont de la Feuillie. — 2. Granite alcalin écrasé. I.3.1.4' La Grurie. — 3. Granite écrasé. I'.3(4).(2)(3).4' La Sourcinière. — 4. Granite écrasé I.3.2.4 Château Lamare.

GÉOLOGIE. — *Sur quelques faits relatifs aux formations néogènes et quaternaires des environs d'Antsirabe (Madagascar).* Note de MM. **Léon Bertrand** et **Léonce Joleaud**, présentée par M. Pierre Termier.

Le Néogène n'a été signalé, à Madagascar, que sous la forme de calcaires marins étroitement localisés vers les extrémités nord et sud de l'île. Du Quaternaire, on connaissait déjà des dépôts coralligènes, des calcaires à

faune terrestre de l'Extrême-Sud, enfin des alluvions fluviatiles ou lacustres. Aussi avons-nous été très surpris, en parcourant la région centrale de l'île, de constater, au kilomètre 120 de la route de Tananarive à Antsirabe, qu'une puissante série d'argiles, de sables et de grès, comblant les dépressions du massif cristallin, avait été *plissée*. Ces assises, dans lesquelles nous n'avons pas trouvé de fossiles, affectent les facies habituels, caractéristiques des sédiments accumulés dans les cuvettes lacustres. Leur allure tectonique témoigne des compressions latérales qui se sont exercées sur eux depuis leur formation : ils offrent ces plissotements propres aux compartiments de l'écorce terrestre compris entre de grandes cassures. Des strates ayant ainsi subi des poussées tangentielles considérables ne sauraient être attribuées au Quaternaire, et la moindre ancienneté qu'on puisse leur assigner est un *âge néogène*.

D'ailleurs, les données fournies par la topographie confirment pleinement cette manière de voir. Non loin du point kilométrique précité, à Ampetsapetsa, nous avons reconnu qu'une assez large dépression entaillée dans les terrains cristallins avait le modelé d'un ancien grand lac à fond encore à peu près plan. La partie la plus déprimée, qui se présente comme une seconde surface plane, d'altitude un peu inférieure à celle de l'ensemble, indique la persistance, jusqu'à une époque assez peu éloignée de la nôtre, d'un petit lac encaissé dans les dépôts antérieurs et dont le fond a été, à son tour, découpé par le réseau hydrographique actuel. Le grand lac remonte sans doute à la période néogène et le petit au Quaternaire. Des griffons de sources riches en carbonate de chaux ont déposé en abondance, autour de leurs points d'émergence, du calcaire qui enrobe des ossements de Vertébrés, notamment d'*Hippopotamus madagascariensis* Guldberg. Ces restes fossiles ne s'observent d'ailleurs qu'à une faible profondeur dans le sous-sol, où l'on va chercher le calcaire pour la fabrication de la chaux. Certains de ces griffons subsistent d'ailleurs encore et les tufs à Hippopotames sont recouverts, autour de chaque griffon actuel, par des dépôts récents de carbonate de chaux, de facies un peu différent de ceux renfermant des ossements fossiles. Il semble donc qu'à Ampetsapetsa la formation fossilifère remonte au Quaternaire et se lie à la dernière phase lacustre envisagée ci-dessus; les conditions stratigraphiques n'éveillent nullement ici l'idée d'un gisement de « *subfossiles* ».

A Antsirabe même, les dépôts où ont été trouvés les premiers représentants de la faune des Mammifères éteints de Madagascar correspondent à une surface topographique qui entaille les alluvions grossières de la colline

portant le nouvel hôtel, alluvions qui sont certainement très antérieures à la formation à ossements. Dans cette localité encore, l'histoire des périodes géologiques récentes comporte donc plusieurs cycles morphogéniques, dont l'un au moins témoigne déjà d'une certaine ancienneté. Ces alluvions grossières d'Antsirabe, que recouvrent les plus récentes coulées basaltiques du Vohidronono ou Vohitra, ont été traversées sur 28^m d'épaisseur par les sondages qui, récemment effectués pour le captage des eaux thermales, ont atteint finalement les gneiss du substratum de la cuvette.

L'exploitation d'autunite, que possède le Syndicat Lyonnais au sud d'Antsirabe, à Vinaninkarena, permet d'étudier dans d'excellentes conditions le prolongement, à 45^{km} vers le Sud, des dépôts néogènes du kilomètre 120 décrits précédemment. Cette mine montre une superbe coupe de ces formations lacustres tertiaires sur environ 80^m de hauteur : on y observe de multiples alternances de calcaires marneux blancs, de marnes bleues, de sables grossiers, de lignite, enfin de silice très fine. L'autunite, qui forme des filets s'insinuant dans les marnes à lignites (1), provient vraisemblablement d'une remise en mouvement secondaire de l'urane existant dans la bétafite des pegmatites du voisinage.

A la partie supérieure de l'exploitation d'autunite, s'observe une latérite de transport en rapport avec les phénomènes volcaniques ultimes de la région. Les rizières des environs de Vinaninkarena sont établies dans les thalwegs du Manandona et de ses affluents. La vallée de ce cours d'eau, qui entaille nettement la série néogène, offre elle-même plusieurs gradins d'érosion sur ses flancs, correspondant sans doute aux phases successives du travail des rivières quaternaires.

En attendant que des découvertes paléontologiques permettent de préciser la chronologie de toute cette série des dépôts continentaux de la région d'Antsirabe, on peut distinguer la succession ci-après : 1° système des calcaires marneux, marnes, sables et lignites (lacustre ancien) (km 120 et Vinaninkarena), attribué au moins provisoirement au Néogène; 2° système des alluvions grossières (Antsirabe) et des dépôts lacustres moyens, classé momentanément dans le Quaternaire ancien; 3° système des derniers dépôts lacustres avec tufs calcaires fortement durcis à ossements d'Hippopotames (Ampetsapetsa), considéré comme remontant au Quaternaire moyen; 4° système des tufs tendres et des alluvions, liées au réseau des

(1) L'autunite de ce gisement figure, dans les ouvrages classiques, comme associée à une tourbe récente.

cours d'eau actuels, datant incontestablement du Quaternaire récent. D'après ces données nouvelles, on voit que l'histoire géologique de Madagascar comporte, comme celle de l'Afrique, une phase tectonique néogène et quaternaire où se sont produits de grands affaissements longitudinaux subméridiens; dans les fossés qui ont ainsi pris naissance se sont établis des lacs qui ont subsisté jusqu'à une époque plus ou moins proche de la nôtre. La migration des Hippopotames à facies africain, les uns plus archaïques qu'*Hippopotamus amphibius*, les autres identiques à cette espèce, à la fois pliocène, quaternaire et actuelle, s'accordent bien avec l'établissement, sur les plateaux du centre de l'île, au cours des temps néogènes, de vastes nappes d'eau, dont le lac Alaotra est un dernier témoignage. Au fur et à mesure de la réduction des étendues lacustres, ces grands Pachydermes, ne trouvant plus les conditions éthologiques qu'ils recherchaient, ont diminué de nombre jusqu'au moment, sans doute assez peu éloigné de nous, de leur complète extinction.

GÉOLOGIE. — *Relations entre les massifs du Mont Blanc et des Aiguilles Rouges*. Note de MM. **Paul Corbin** et **Nicolas Oulianoff**, présentée par M. Émile Haug.

Nous avons montré précédemment que le Cristallin de Tête Rousse disparaît sous le synclinal complexe de Chamonix, qui sépare, sur toute leur longueur, les deux massifs cristallins du Mont Blanc et des Aiguilles Rouges. Les deux faisceaux du Brévent et de Tête Rousse, formés, comme on l'a vu, de zones absolument semblables, nous paraissent être, quoique séparés par la vallée de Chamonix, les deux tronçons d'un seul et même ensemble.

Ici intervient la question des directions des zones étudiées, question aussi importante que délicate, car le Cristallin des Aiguilles Rouges et du Mont Blanc a subi plusieurs plissements entre-croisés. Ses couches ont été plissées, au moins à trois reprises, dans des directions différentes. Une observation isolée ne peut donner une idée suffisante de la direction générale des couches dans une telle région. Il faut pour cela un grand nombre d'observations et surtout des observations sur l'allure de zones entières pétrographiquement déterminées.

On sait depuis longtemps que les couches de la partie sud-ouest des Aiguilles Rouges ne sont pas parallèles à la zone de Chamonix. La direc-

tion des couches à l'ouest du Brévent est sensiblement N-S; à l'est elle devient même N 10° W à N 15° W, tandis que la direction moyenne du synclinal complexe de Chamonix est NE-SW. Le plongement des couches, dans les environs du Brévent, est à peu près 85° E. Ce croisement des plis hercyniens du massif des Aiguilles Rouges avec les plis alpins peut être observé sur toute la longueur du massif des Aiguilles Rouges. L'un de nous a démontré que les axes des plis complexes du massif de l'Arpille (à l'extrémité nord-est du massif des Aiguilles Rouges) sont dirigés N 30° E. Récemment encore, E. Poldini, élève de M. Lugeon, nous a communiqué que, dans la région de ses recherches (soubassement cristallin de la Dent de Morcles), il a constaté également que les plis hercyniens coupent obliquement le synclinal de Chamonix.

D'autre part, dans le massif du Mont Blanc, la direction des couches des schistes cristallins n'a pas suffisamment attiré l'attention des observateurs. On s'est contenté de constater qu'il n'y avait pas de discordance manifeste entre ces schistes et le Mésozoïque de la zone de Chamonix, et que le contact de la protogine avec les schistes cristallins est parallèle à la vallée de Chamonix.

Une étude attentive nous a révélé que, sur le flanc nord-ouest du Mont Blanc, les couches des schistes cristallins plongent de 45° à 65° à l'ESE (le plus souvent de 55° à 60°) et que leur direction (en considérant tout particulièrement les zones étudiées) est *en moyenne* N 20° à 30° E. Peut-on arriver, dès lors, à relier, à travers la vallée de Chamonix, les ensembles parfaitement analogues dont nous avons constaté l'existence dans les deux massifs. C'est chose possible en tenant compte de la tectonique tertiaire, qui a séparé ces deux massifs cristallins.

Leurs rôles ont été très différents pendant le mouvement alpin. Les Aiguilles Rouges ont faiblement participé à la translation des ondes orogéniques venues du sud-est. Elles ont formé un obstacle rigide, par-dessus lequel ont passé les plis couchés des terrains sédimentaires. Au contraire, les schistes cristallins du Mont Blanc, avec leur couverture sédimentaire autochtone, ont été renversés et couchés sur les roches du synclinal complexe de Chamonix. Le mouvement de ces schistes cristallins a été en outre compliqué d'une foule de détails, tels que failles, glissements réciproques de couches, etc. Mais, abstraction faite de ceux-ci (quelque grande que soit leur importance), on peut se représenter le mouvement des schistes cristallins du Mont Blanc (avec le Sédimentaire autochtone) comme une rotation autour d'un axe, dont la direction se confond avec la direction de la vallée

de Chamonix. Cette rotation atteint 115° à 135° pour le Sédimentaire; elle est fortement atténuée en ampleur dans les schistes cristallins, grâce aux failles et aux glissements réciproques des couches. Ces déplacements et cette rotation des schistes cristallins du Mont Blanc ont eu pour résultat, entre autres, le changement de direction de couches et de zones entières.

La nature des mouvements, qui ont amené les roches anciennes de cette région dans leur position actuelle, est trop compliquée pour qu'on puisse l'exprimer en formules mathématiques, néanmoins le résultat *approximatif* auquel on arrive en étudiant les mouvements possibles des schistes cristallins du Mont Blanc est le suivant :

Si, avant le plissement alpin, il y avait, dans ces schistes, des zones dirigées N-S, lenr position a dû être changée en ENE-WSW par le plissement que catactérise l'axe dirigé NE-SW. Et, de fait, on a vu que le « complexe » de Tête Rousse suit la direction N 20° à 30° E. Dans la vallée de Chamonix il croise (virtuellement) son analogue, le « complexe » du Brévent.

Ainsi, *ces deux « complexes », celui du Brévent et celui de Tête Rousse, ne sont que deux tronçons d'une seule et même zone, comprenant le massif du Mont Blanc et le massif des Aiguilles Rouges.*

Le parallélisme des deux massifs avec les plis alpins est le résultat d'actions tardives qui se sont développées pendant le Tertiaire. Le Mont Blanc a été poussé vers l'extérieur de la chaîne par ces mouvements, alors que les Aiguilles Rouges, rigides, se sont surélevées sur elles-mêmes.

GÉOLOGIE. — *Une hypothèse sur la formation de l'Adriatique.* Note de M. **Jacques Bourcart**, présentée par M. Louis Gentil.

J'ai montré précédemment [1] que l'Albanie littorale avait subi depuis l'Oligocène un mouvement de plissement qui se continue encore de nos jours; les plis se forment toujours plus près de l'Adriatique actuelle, et surgissent en quelque sorte de la mer. Dans cette région, celle-ci perd sans cesse du terrain.

A première vue, il en est tout autrement de la côte dalmate, rocheuse, bordée de très nombreuses îles allongées dans le sens du plissement. Jusqu'à présent, elle a toujours été considérée comme le type d'une côte en voie d'affaissement.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 953 et 1086.

Stache et surtout Suess ont émis l'hypothèse qu'à l'emplacement de l'Adriatique actuelle se trouvait, pendant l'époque néogène, un grand continent : l'Adriatide, qui s'est effondré et a été recouvert par la mer à la fin du Quaternaire. Au contraire, en 1905, C. de Stefani publiait un important Mémoire [1] dans lequel, résumant tous les travaux sratigraphiques parus depuis la publication de la « Face de la Terre » et ses propres observations, il concluait que la conformité de facies entre les dépôts des deux rives de l'Adriatique indique qu'ils n'ont pu être déposés que par la même mer. Les travaux de Dal Piaz, de De Toni et les miens, en Albanie, ont apporté de nouveaux arguments en faveur de la thèse de l'éminent géologue florentin.

Depuis le Carbonifère jusqu'au Crétacé, la région adriatique faisait partie d'un géosynclinal dont l'axe se trouvait à l'Est de celui de la mer actuelle. Du Crétacé à nos jours, la mer s'est sans cesse rétrécie, et les sédiments qu'elle a déposés, bien que très épais, ont toujours un caractère néritique. Au Pliocène, l'Adriatique s'étendait encore jusqu'à Turin; au Quaternaire la disposition des glaciers, qui existent sur sa rive orientale jusqu'au Péloponèse, montre que ses limites n'ont guère varié depuis cette époque.

Dans un nouveau Mémoire [2] De Stefani a encore précisé ses idées et accentué la critique qu'il donnait des preuves citées par Suess à l'appui d'un effondrement récent et continu de l'Adriatide : distribution de la flore et de la faune, brèches à ossements des îles dalmates, sables granitiques des îles du Quarnero, monuments romains submergés. Il conclut que la côte dalmate est restée stable depuis l'époque pliocène, ou, qu'en certains points, elle a même subi un mouvement de surrection.

J'ai cherché à me rendre compte, l'été dernier, si un mouvement de surrection pouvait expliquer les formes des îles dalmates : anticlinaux séparés par des *canali* synclinaux. Cette hypothèse permettrait, en effet, d'expliquer le comblement de ces canaux, comme à Pago, ou leur fermeture par des cordons littoraux, ainsi que l'opposition entre le profil *écrasé*, uniquement dû à la corrosion, des îles les plus basses, et des formes plus aiguës des îles plus élevées où agit déjà l'érosion.

Pourtant une pareille hypothèse ne peut expliquer l'invasion de la mer

---

(1) C. De Stefani, *Géotectonique des deux versants de l'Adriatique* (*Ann. Soc. Géol. de Belgique*, t. 17, p. 193 à 278, Liége 1906).

(2) C. De Stefani, *I due versanti dell' Adriatico* (*Atti dell' VIII Congresso geografico italiano*, vol. 2, p. 76-106, Florence, 1923).

profondément à l'intérieur des côtes, comme dans l'estuaire de la Kerka ou dans la « mer de Novigrad ». J'ai donc cherché à me rendre compte si l'hypothèse que j'avais émise pour expliquer la structure de l'Albanie occidentale ne pouvait s'appliquer à ces deux cas paradoxaux et les relier aux faits observés par De Stefani.

La structure de la zone littorale dalmate est analogue à celle de l'Albanie occidentale. Les plis sont très resserrés et déjetés vers l'Adriatique; les chevauchements dans cette direction sont fréquents et font pendant à ceux de l'Apennin qui se font à leur rencontre. Un sillon oligocène, analogue aux sillons miocènes de l'Albanie, celui du Monte Promina, s'allonge de Novigrad à Derniš. Le continent, émergé au moins dès le début du Néogène, présente aussi des traces indiscutables de soulèvement : la vallée transversale de la Kerka supérieure et surtout le cañon de la Narenta ne peuvent s'expliquer que si celui-ci a subi un mouvement d'exhaussement.

La Kerka inférieure et la Zermanja ont des vallées singulières, en zigzag, formées d'une série de lacs allongés dans les synclinaux, réunis entre eux par des cluses profondes. Par exemple, entre Babingrad et Predelić, la vallée de la Kerka s'étale sur 1^{km} de largeur, formant un lac dans le synclinal. Une dépression analogue existe, entre Scardona et Sebenico, donnant naissance au lac Prokljan.

Ces dépressions se sont formées au Pliocène inférieur, et résultent, en quelque sorte, d'une suite posthume du mouvement qui a donné lieu au plissement général et s'est poursuivi pendant le Miocène comme le montrent les dépôts lacustres des *polje*. C'est un phénomène rare, peut-être unique, d'*ennoyage lacustre* de 30 à 40^{m} de profondeur.

La « mer de Novigrad », où se jette la Zermanja, montre une disposition analogue : deux lacs envahis par la mer et réunis l'un à l'autre et au Canale della Montagna par des cluses profondes d'origine certainement fluviale.

Ces deux accidents sont localisés dans des synclinaux secondaires du sillon du Monte Promina. Par contre, la région de Zara à Sebenico a été le siège de mouvements de surrection, et le lac de Vrana, situé à 2^{km} de la mer, ne communique plus avec celle-ci. Quant à la profonde dépression de la rade de Sebenico, elle est exactement en prolongement de la fosse étroite, transversale, de l'Adriatique et symétrique de l'abaissement d'axe du pli anticlinal qui joint le Monte Gargano au Monte Conero d'Ancône.

La disposition si particulière des côtes dalmates ne peut donc s'expliquer entièrement par un mouvement général ni de surrection, ni d'affaissement. Je propose donc, comme *hypothèse de travail*, d'admettre que l'Adriatique s'est rétrécie sous l'influence d'un plissement qui dure encore aujourd'hui,

comme le montrent les tremblements de terre de Raguse au XVII[e] siècle ou ceux très récents de Sinj, liés aux dépressions synclinales. Les mouvements, dirigés en sens inverse dans les Dinarides et dans l'Apennin, ont eu comme résultante le soulèvement d'anticlinaux du fond de la mer, qui s'est accompagné de l'affaissement relatif des synclinaux. Le résultat final serait une surrection très lente de tout le continent qui peut être masquée sur les côtes par les effets de l'érosion marine. Il ne m'est pas possible de donner actuellement plus de preuves à l'appui de cette hypothèse; j'estime pourtant qu'elle seule permet de relier tous les faits observés et qu'elle peut servir de guide pour de nouvelles recherches que j'espère pouvoir entreprendre dans le bassin de l'Adriatique.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Nouvelles observations sur l'anomalie magnétique de Koursk (Russie Centrale).* Note de M. P. LASAREFF, présentée par M. Louis Gentil.

J'ai déjà signalé dans deux Notes antérieures (¹) les principaux résultats des travaux exécutés par la *Commission de l'anomalie magnétique de Koursk* de 1919 à 1922; j'indiquerai dans la présente Note les résultats récents obtenus à la suite des derniers travaux effectués en 1923 et au début de 1924.

Les travaux de la section magnétique de la Commission, au cours de l'été 1923, ont montré que, au sud de la bande anomale décrite dans mes Communications précédentes, il en existe une seconde, parallèle à la première, dont l'anomalie est plus faible et dont les limites sont moins précises. Cette bande anomale passe par les villages de Kotschetovka et Nepkchajevo, où l'anomalie avait été déjà découverte par les recherches antérieures. La composante verticale Z varie dans les districts de Belgorod et Obojan de 0,50 à 0,72 unité C. G. S.

La largeur de cette bande anomale méridionale, qui atteint 30[km], est la même que celle de la bande septentrionale, mais l'aspect des isolignes des éléments magnétiques D, H et Z est différent. Les tracés de celles de la bande septentrionale sont, en effet, des lignes grossièrement parallèles, enserrant parfois des courbes fermées très allongées, disposées en une file régulière qui limitent des régions de valeurs maximales ou minimales (²). Par contre, dans la bande méridionale, les domaines des isolignes fermées sont

(¹) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1231; t. 178, 1924, p. 510.

(²) P. LASAREFF, *L'anomalie magnétique dans le gouvernement de Koursk (Annexe aux procès-verbaux de l'Académie des Sciences de Russie*, 1921). Ce mémoire français contient des cartes isolignes de D, H et Z pour la région septentrionale.

moins allongés et disposés irrégulièrement les uns à côté des autres. Il en résulte que, en recoupant normalement les isolignes de Z, on rencontre souvent plusieurs maxima ou minima, alors que dans la bande septentrionale il existe presque partout un seul maximum, correspondant à la ligne axiale. Les valeurs de D, H et Z ont été observées en 4000 stations environ.

Les calculs effectués ont permis d'établir les cartes de potentiel de la composante horizontale, ainsi qu'un contrôle rigoureux du levé magnétique. On a pu, en outre, en déduire la certitude d'une indépendance complète entre les courants électriques de l'atmosphère et l'anomalie magnétique de Koursk.

Enfin des forages profonds, au nombre de onze, ont été exécutés suivant des directions à peu près normales à la ligne axiale. Les plus profonds sont situés sur une ligne coupant la ligne axiale au point B ([1]).

Le forage, correspondant au point B même, a atteint la profondeur de 447^m; les couches de quarzites à magnétite y ont été rencontrées à partir de 154^m et jusqu'à la profondeur de 407^m; l'ensemble présentant par conséquent une épaisseur de 253^m. Entre 407 à 416^m ont été trouvés des chloritoschistes et, au-dessous, des granitogneiss, qui forment le soubassement des couches ferrifères.

L'emplacement de ce forage B correspond à la partie de ces couches de quarzites et de magnétite la plus rapprochée de la surface du sol.

A une distance d'environ 200^m de là (point N2), vers l'Est, en un point maximum de gravité, la profondeur à laquelle on rencontre les mêmes couches est de 313^m; tandis que, en un point situé à une distance de 70^m environ vers l'Ouest (point N6), la profondeur de la couche ferrifère n'est que de 158^m. La surface supérieure du gîte ferrugineux montre donc un abaissement rapide vers l'Est et reste presque parallèle à l'horizon vers l'Ouest. Mais ce forage N6 poussé jusqu'à la profondeur de 290^m n'a coupé les couches ferrifères que jusqu'à la profondeur de 261^m. Le forage N2 poussé à 443^m n'a pas encore atteint la base de couches ferrifères (29 mars 1914).

La représentation graphique de ces résultats montre que le gîte ferrifère représente une fraction de cylindre, à section elliptique allongée, dont le grand axe forme avec l'horizon un angle d'environ 50°-60°.

([1]) Voir la figure 1 dans ma Note des *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 511.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur le rayonnement de l'atmosphère.* Note de M. A. Boutaric, transmise par M. Daniel Berthelot.

1. On appelle intensité du rayonnement nocturne l'énergie que perd par minute 1^{cm^2} d'une surface noire horizontale, exposée à l'air libre, pendant la nuit, et dont la température est celle de l'air ambiant. Ce rayonnement r apparaît comme la différence entre l'émission thermique σT^4 de l'élément de surface noire supposé à la température absolue T de l'air ambiant et le rayonnement compensateur ϖ apporté par l'atmosphère

$$r = \sigma T^4 - \varpi.$$

Pour se conformer aux conditions des mesures, on suppose, dans la définition du rayonnement nocturne, que la température T de la surface rayonnante est celle de l'air avoisinant. Si la surface noire était maintenue à une température arbitraire quelconque T', la perte d'énergie par unité de temps : $r' = \sigma T'^4 - \varpi$ serait essentiellement variable avec T'. Seul le terme ϖ dépend uniquement des conditions météorologiques.

2. On peut calculer le rayonnement ϖ envoyé par l'atmosphère sur 1^{cm^2} du sol, à partir des valeurs observées pour r et pour T, par la formule

$$\varpi = \sigma T^4 - r.$$

Ce rayonnement dépend des conditions météorologiques.

Il est beaucoup plus grand par temps couvert que par temps clair. Il est principalement déterminé par la température de l'air et par la pression f de la vapeur d'eau au voisinage du sol : c'est une fonction croissante de ces deux variables, sensiblement indépendante de la date et du lieu d'observation.

En un même lieu, la pression de la vapeur d'eau et la température étant plus grandes l'été que l'hiver, il en est de même pour les valeurs moyennes de ϖ. A une même époque de l'année, les valeurs de la température et de la pression de la vapeur d'eau allant en diminuant quand l'altitude augmente, il en est de même de ϖ.

Les conclusions précédentes résultent des nombres consignés dans le tableau suivant, qui représentent les moyennes des observations faites par Kimball (¹) au mont Weather (540^m), par Angström (²) à Bassour,

(¹) H. H. Kimball, *Monthly Weather Review*, t. 46, 1918, p. 57.

(²) A. Angström, *Smithsonian Miscellaneous Collections*, t. 65, n° 3.

Algérie (1160^m) et au mont Whitney (4420^m) et par moi ([1]) à Montpellier, au Pic du Midi (2859^m) et au mont Blanc (4350^m).

Lieu.	Date.	r.	T.	f.	ϖ.	θ.	T — θ.
Montpellier.	Mai 1914.......	0,149	291	8,4	0,4045	269,3	21,7
»	Juin 1914.......	0,147	297	10,7	0,4497	276,6	20,4
»	Novembre 1914.	0,136	282,6	6,7	0,3539	260,5	22,1
»	Décembre 1914.	0,138	278,6	5,1	0,3287	254,85	23,75
»	Janvier 1915....	0,136	274,2	3,6	0,2979	249,6	24,6
Pic du Midi.	Août 1919......	0,153	281,9	3,3	0,3304	256,1	25,8
Mont Blanc.	Août 1921.......	0,165	271	2,3	0,2527	239,5	31,5
Mont Weather.	Juin 1918......	0,191	292,4	10,2	0,3405	263,4	29
»	Juillet 1918....	0,148	290,8	10,5	0,4010	268,8	22
»	Août 1918.....	0,141	295,2	8,95	0,4345	274,61	20,6
»	Septembre 1918.	0,149	290	8,3	0,3946	268,4	21,6
Bassour.	Juillet 1912....	0,160	293,8	7,6	0,4049	269,3	24,5
»	Août 1912......	0,174	294,6	7,9	0,4033	269,15	25,45
»	Septembre 1912.	0,182	289,3	6,15	0,3564	261	28,3
Mont Whitney.	Août 1913......	0,181	271,9	2,4	0,2368	235,6	36,3

En un même lieu, le rayonnement de l'atmosphère varie assez régulièrement aux divers mois de l'année; il est notablement plus grand l'été que l'hiver. A une même époque de l'année, il décroît quand l'altitude augmente ([2]). On n'observe sur le rayonnement nocturne r aucune de ces variations régulières.

3. La septième colonne du tableau donne les valeurs de θ, calculées d'après la relation : $\sigma\theta^4 = \varpi$, qui représente ce qu'on peut appeler la température efficace de l'atmosphère ; c'est la température que devrait avoir une enceinte noire entourant la terre pour envoyer vers celle-ci le même rayonnement que l'atmosphère. Les variations de θ sont parallèles à celles de ϖ.

Les valeurs de T — θ sont généralement comprises entre 20° et 30°; elles augmentent avec l'altitude et, en un même lieu, semblent légèrement plus fortes l'hiver que l'été.

([1]) A. Boutaric, *Annales de Physique*, 9e série, t. 10, 1918, p. 100; t. 17, 1919, p. 54.

([2]) Le rayonnement de l'atmosphère allant en diminuant quand l'altitude augmente, la perte d'énergie éprouvée par unité de temps *pour des surfaces noires de même température*, sera plus grande aux altitudes élevées qu'au niveau de la mer. C'est ce que traduit l'opinion courante sur la forte intensité du rayonnement nocturne aux altitudes élevées.

BOTANIQUE. — *Dichotomie foliaire chez le Gui* (Viscum album *L.*). Note de M. P. **Bugnon**, présentée par M. Guignard.

Une anomalie morphologique isolée peut, en général, prêter à plusieurs interprétations, plus ou moins contradictoires, mais également plausibles. Cependant, lorsqu'on découvre une série continue de termes qui la relient à la forme normale, l'une des interprétations peut s'imposer à l'exclusion des autres. C'est un cas de ce genre qui fait l'objet de la présente Note.

L'existence de feuilles verticillées a été signalée comme une disposition tératologique assez fréquente chez le Gui ([1]), dont les feuilles sont normalement opposées.

J'ai eu récemment l'occasion d'observer un pied mâle présentant de telles anomalies; une étude attentive m'a permis d'y trouver assez de stades intermédiaires entre la disposition typique et la disposition tératologique pour justifier l'interprétation suivante de celle-ci; il s'agit d'une dichotomie foliaire, dont les stades ultimes sont, d'une part, la ramification dichotome du sommet de la nervure médiane d'une feuille et, d'autre part, la séparation totale d'une feuille en deux autres par ramification dichotome très précoce de sa première ébauche. Quand une seule des deux feuilles opposées se montre ainsi dichotome, il en résulte finalement un verticille trimère; si les deux feuilles se bifurquent, le verticille tend à devenir tétramère.

La dichotomie affecte souvent le bourgeon axillaire. Celui-ci peut être encore simple alors que la feuille axillante est fendue jusqu'à sa base; inversement, il peut être déjà dédoublé alors que la dichotomie de la feuille est encore peu accusée; quand la feuille et le bourgeon se dédoublent simultanément, les deux feuilles qui résultent de la ramification paraissent alors totalement indépendantes à l'état adulte.

Schönland ([2]), qui a étudié surtout des fleurs anormales, à périanthe pourvu de pièces en surnombre, conclut de l'existence d'intermédiaires entre sépales légèrement échancrés au sommet et sépales fendus jusqu'à la base, qu'il s'agit là d'un accroissement numérique par division des pièces normales. Dans un cas seulement, il a noté des phénomènes analogues pour

---

([1]) O. Penzig, *Pflanzen-Teratologie*, t. 2, 1894, p. 278.

([2]) S. Schönland, *Contributions to the morphology of the Mistletoe* (Viscum album *L.*) (*Ann. of Bot.*, t. 2, 1888, p. 283, pl. XVII).

les feuilles végétatives : dans un verticille d'apparence trimère, une feuille était échancrée au sommet, les deux autres étaient axillantes d'un même bourgeon, opposé à celui de la première feuille. Le même auteur signale que l'augmentation du nombre des feuilles végétatives semble en général plus fréquente dans les plantes mâles.

Ch. Guérin (¹), qui a observé de nombreux cas tératologiques de ce genre, lui aussi surtout sur des pieds mâles, en a offert des échantillons au Laboratoire de botanique de la Faculté des Sciences de Caen. Les figures ci-dessous ont été dessinées tant d'après les exemplaires que j'ai personnellement récoltés que d'après ceux de la collection Ch. Guérin.

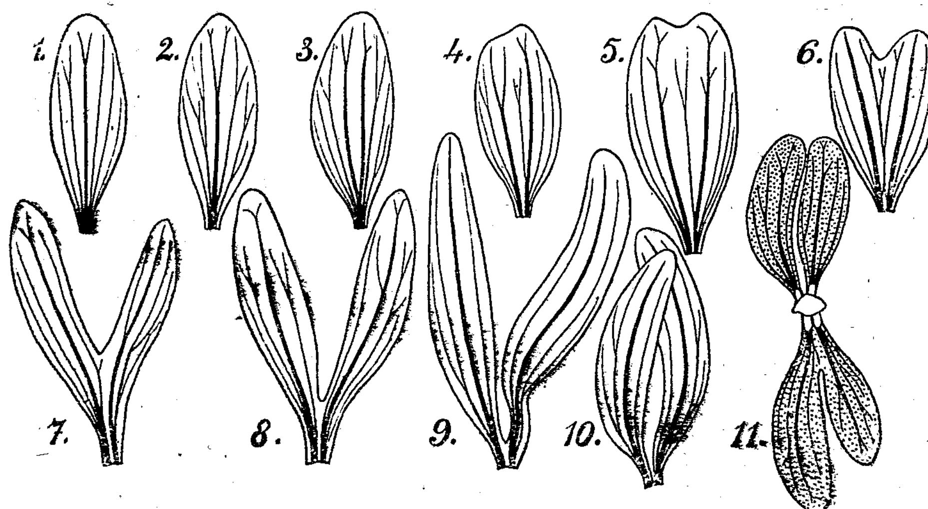


Fig. 1 à 11. — *Viscum album* L. — Nervation principale de feuilles anormales, en demi-grandeur naturelle. Dichotomie de la nervure médiane : vers le quart supérieur du limbe (1); vers le tiers supérieur (2); vers le quart inférieur (3); à la base de la feuille (4 à 11). Élargissement du sommet du limbe (4); échancrure légère (5); échancrure : jusque vers le quart (6); jusque vers les deux tiers (7); jusque vers les trois quarts (8); presque jusqu'à la base (9); jusqu'à la base (10). Fig. 11 : une des feuilles est échancrée jusqu'aux deux tiers du limbe, l'autre complètement dédoublée. (Fig. 5 et 7 à 11, d'après les échantillons de Ch. Guérin.)

J'ai déjà (²), à maintes reprises, insisté sur l'intérêt théorique de la ramification foliaire dichotome, considérée comme un vestige de l'origine méri-

(¹) Ch. Guérin, *Notes sur quelques particularités de l'histoire naturelle du Gui* (Viscum album) (*Bull. Soc. Linn. Norm.*, 4ᵉ série, t. 6, 1892, p. 183).

(²) P. Bugnon, *Sur les homologies foliaires chez les plantes à graines* (*Bull. Soc. bot. Fr.*, t. 70, 1923, p. 732). Voir dans cette Note la bibliographie de mes publications relative à la question.

phytaire des feuilles, selon la conception de Lignier ([1]). J'ai montré notamment, à propos de la Mercuriale (*Mercurialis annua* L.), dont les cotylédons m'ont offert une série de stades en tous points comparables à ceux des feuilles du Gui, que la dichotomie foliaire permettait d'expliquer non seulement la polycotylédonie, mais encore l'organisation libéroligneuse du cotylédon des Monocotylédones. J'ai soutenu récemment (*loc. cit.*), contre l'opinion de P. Vuillemin, que les feuilles végétatives des Angiospermes étaient, aussi bien que leurs feuilles cotylédonaires, d'origine mériphytaire : les faits exposés à propos du Gui dans la présente Note viennent directement à l'appui de cette manière de voir.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Linacées. Développement de l'embryon chez le* Linum catharticum *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

Par bipartition des deux éléments du proembryon bicellulaire (*fig.* 1) se forme, chez le *Linum catharticum*, une tétrade de quatre cellules superposées, *l*, *l'*, *m*, *ci*. L'élément du sommet, *l*, se divise toujours verticalement (*fig.* 4 à 16) et l'élément inférieur, *ci*, toujours transversalement (*fig.* 9 à 21). L'élément *l'* se sépare par une cloison qui peut être longitudinale (*fig.* 5, 6, 10, 13, 14, 16, 17), transversale (*fig.* 7, 8, 9, 12, 15, 18, 20, 22) ou oblique (*fig.* 11). L'élément *m* se cloisonne le plus souvent transversalement (*fig.* 11), quelquefois longitudinalement (*fig.* 13). Ces variations dans les directions des divisions des deux éléments médians de la tétrade font apparaître trois types de proembryons octocellulaires : l'un

([1]) L'adhésion récente de Bower (*The Ferns*, t. 1, 1923, p. 340) à cette conception, au moins en ce qui concerne les Filicales, mérite d'être signalée. Bower en avait d'ailleurs entrevu la possibilité logique dès 1884; mais c'est seulement la découverte des Psilophytales qui l'a conduit à voir, dans la théorie de Lignier, plus qu'une ingénieuse interprétation des faits.

Velenovsky (*Vergl. Morphol. der Pfl.*, 1905-1913), qui regardait dès 1905 (*loc. cit.*, t. 1, p. 207) la dichotomie anormale des feuilles chez les Fougères comme un phénomène d'atavisme, se refusait alors à étendre la même interprétation aux Phanérogames : « Diese Erscheinung kommt bei keiner Phanerogame vor, denn die abnorm geteilten Blätter und Kotyledonen bei den Dicotylen haben eine andere Bedeutung. » Mais, depuis, il semble avoir changé d'avis, puisqu'il a écrit (*loc. cit.*, t. 4, 1913, p. 58), à propos des feuilles anormalement bifides chez les Phanérogames : « Im wesentlichen lässt sich diese Blatteilung nur als ein Reminiszenz an kryptogamische Dichotomie auffassen. »

présentant cinq (*fig.* 13), le deuxième six (*fig.* 14), le troisième sept étages cellulaires (*fig.* 15). C'est ce dernier que l'on rencontre incontestablement de la manière la plus générale.

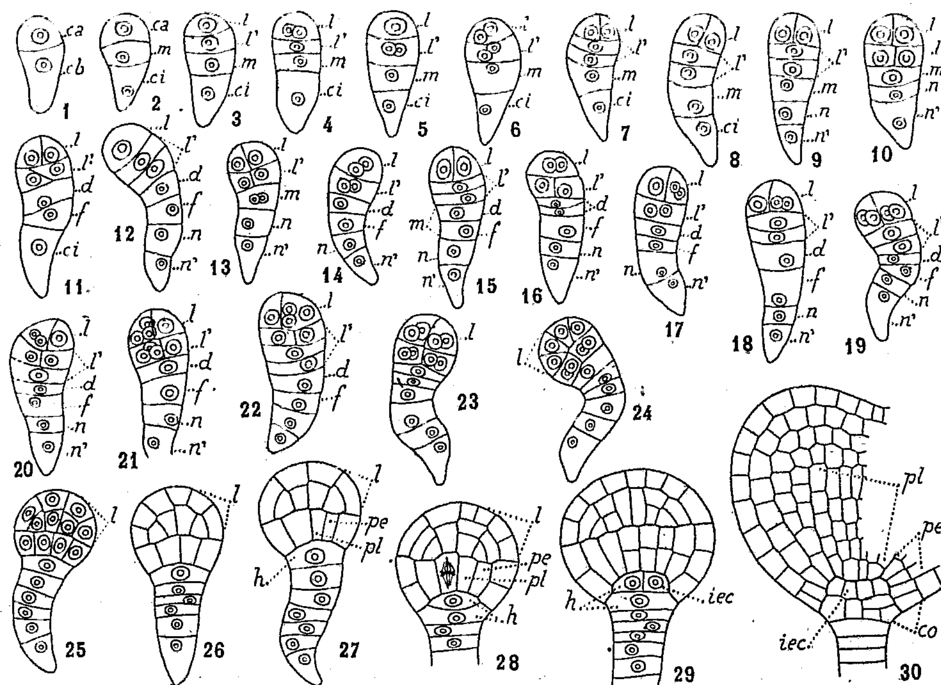


Fig. 1 à 30. — *Linum catharticum* L. — Les principales étapes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb*; *l* et *l'*, cellules-filles de *ca*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *d* et *f*, cellules-filles de *m*; *h*, hypophyse; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire; *co*, coiffe. G. = 420.

Toutes les formes proembryonnaires que l'on observe ultérieurement viennent se rattacher à l'un quelconque de ces trois types de proembryons octocellulaires. Par exemple, les formes représentées en 17, 19, 20, 22 dérivent naturellement du proembryon octocellulaire à sept étages; les formes figurées en 16, 18, 21 s'interprètent le plus aisément en partant du proembryon octocellulaire à six étages. A des stades plus avancés (*fig.* 23), quand il s'est constitué quatre cellules circumaxiales aux dépens de l'élément primitif *l* ou de sa cellule-fille supérieure, et quand il s'est différencié une file de six éléments aux dépens des cellules proembryonnaires les plus inférieures, il n'est pas possible de reconnaître avec certitude l'origine des nouveaux éléments qui ont pris naissance dans la région médiane du proembryon.

On peut voir que, de toutes façons, l'étage *l* engendre la partie cotylée. Les quatre éléments dont il se compose, aux stades des figures 22 et 23, se segmentent obliquement (*fig.* 24) et se multiplient très vraisemblablement selon des processus analogues à

ceux qui ont été décrits au sujet de l'*Urtica pilulifera* ([1]). Les destinées des deux éléments l' et m de la tétrade sont variables. Dans le cas, le plus général, du proembryon octocellulaire à sept étages, l'élément l' s'est divisé en deux cellules superposées, dont l'une engendre l'hypocotyle, tandis que l'autre, placée au-dessous, se sépare de nouveau par une paroi horizontale pour donner supérieurement une cellule hypophysaire semblable à celle qui a été définie au sujet des Crucifères, et, inférieurement, quelques unités du suspenseur proprement dit.

Chez ces mêmes types proembryonnaires, l'élément m de la tétrade, qui s'est également divisé en deux cellules superposées, contribue tout entier, avec sa descendance, à la construction du suspenseur. Dans le cas du proembryon octocellulaire à six étages (*fig.* 14), l'étage l', composé de deux cellules juxtaposées, donne naissance à l'axe hypocotylé; la cellule-fille supérieure de m (d), après une ou deux autres segmentations transversales, engendre l'hypophyse et la cellule-fille inférieure (f) entre dans la constitution du suspenseur. Enfin, dans le cas le moins fréquent du proembryon octocellulaire à cinq étages (*fig.* 13), l'étage l' donne encore l'axe hypocotylé et l'étage m une hypophyse qui se trouve individualisé de très bonne heure par son mode de cloisonnement, vertical, purement exceptionnel.

Comme cela s'observe le plus généralement, c'est au moment de la séparation des deux histogènes internes que se différencie la cellule hypophysaire (*fig.* 27, 28). Elle se sépare en deux cellules superposées par une cloison en verre de montre venant s'appuyer sur les parois latérales du dermatogène; la cellule supérieure, par deux cloisons cruciales, donne naissance aux quatre initiales de l'écorce au sommet radiculaire, la cellule inférieure engendre la portion médiane de la coiffe.

Les faits que révèle l'étude du développement des formes proembryonnaires, chez le *Linum catharticum*, rappellent de la manière la plus frappante ceux qui ont déjà été observés au sujet des Solanacées ([2]). On est obligé de reconnaître que la tétrade, les proembryons hexacellulaires et octocellulaires, et toutes les autres formes qui en dérivent reproduisent identiquement la plupart des formes qui ont été décrites tout particulièrement chez les *Solanum*. Une seule différence, considérable il est vrai, sépare les deux types proembryonnaires; elle réside dans le mode de constitution des initiales de l'écorce au sommet radiculaire et du primordium de la coiffe; chez le *Linum catharticum*, ces deux régions fondamentales du corps procèdent d'une cellule unique, appelée cellule hypophysaire, qui, chez les Solanacées, n'a jamais été observée. Il n'est pas superflu de faire remarquer que, en outre des processus de segmentation des formes proembryonnaires,

---

([1]) R. Souèges, *Développement de l'embryon chez l'*Urtica pilulifera *L.* (*Bull. Soc. bot. de France*, t. 68, 1921, p. 184).

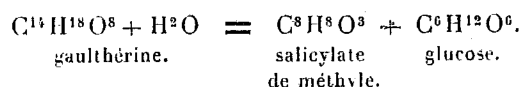
([2]) R. Souèges, *Recherches sur l'embryogénie des Solanacées* (*Bull. Soc. bot. de France*, t. 69, 1922, p. 163, 236, 352, 555).

l'on pourrait encore trouver, entre le *Linum catharticum* et les Solanacées des termes de rapprochement intéressants : 1° dans les phénomènes qui précèdent la formation du sac embryonnaire (¹); 2° dans la résorption précoce du nucelle; 3° dans les modifications anatomiques que subissent, au cours de la séminogenèse, le tégument ovulaire interne, très épais, qui se développe dans le premier cas et le tégument unique que possède l'ovule dans le deuxième (²).

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la véritable nature du glucoside à salicylate de méthyle existant dans l'écorce du* Betula lenta *L.* Note de M. **Marc Bridel**, présentée par M. L. Guignard.

En 1894, Schneegans et Gerock (³) ont retiré de l'écorce de *Betula lenta* L. un glucoside fournissant par hydrolyse du salicylate de méthyle. Ils ont appelé ce glucoside gaulthérine. La gaulthérine, pour Schneegans et Gerock, serait formée de l'union d'une molécule de salicylate de méthyle et d'une molécule de glucose avec élimination d'une molécule d'eau, bien que rien dans leur travail ne permette une telle conclusion.

Depuis 1894, il est admis que cette constitution est exacte et l'on trouve dans les Ouvrages sur les glucosides la formule de dédoublement



$$\underset{\text{gaulthérine.}}{C^{14}H^{18}O^{8}} + H^{2}O = \underset{\text{salicylate de méthyle.}}{C^{8}H^{8}O^{3}} + \underset{\text{glucose.}}{C^{6}H^{12}O^{6}}.$$

En 1923, j'ai extrait du *Monotropa Hypopitys* L., à l'état pur et cristallisé, un glucoside à salicylate de méthyle, que j'ai appelé « monotropitine » (⁴) parce que sa composition ne répondait pas à celle de la gaulthérine. La monotropitine, en dehors du salicylate de méthyle, renferme un mélange de sucres réducteurs formé, vraisemblablement, de glucose et de xylose.

(¹) L. Guignard, *Recherches sur le développement de la graine et en particulier du tégument séminal* (*Journal de Bot. Morot.*, t. 7, 1893, p. 100).

(²) R. Souèges, *Développement et structure du tégument séminal chez les Solanacées* (*Ann. Sc. nat. Bot.*, t. 6, 1907, p. 1).

(³) *Ueber Gaultherin, ein neues Glykosid aus* Betula lenta *L.* (*Arch. pharm.*, t. 82, 1894, p. 437).

(⁴) *Étude biochimique sur la composition du* Monotropa Hypopitys *L.* (2ᵉ Note). *Obtention du glucoside à salicylate de méthyle* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 642).

Comme j'avais des doutes sur l'exactitude de la formule du dédoublement de la gaulthérine, j'ai cherché à me procurer de l'écorce de *Betula lenta* L. pour en extraire le glucoside et vérifier les conclusions de Schneegans et Gerock.

J'ai réussi à trouver, aux États-Unis, à Cincinnati, par l'intermédiaire de M. le Professeur Mathews, une fabrique de produits chimiques « The Wm. S. Merrell Company », qui a bien voulu me préparer, suivant mes indications, un extrait alcoolique d'écorce fraîche de *Betula lenta* L. J'ai reçu cet extrait, provenant de 20^{kg} d'écorce le 19 mars 1924. Il a été traité de la façon suivante :

On l'a débarrassé des substances insolubles dans l'alcool à 95^{c} et dans l'eau, puis on l'a repris par un mélange d'éther acétique et d'alcool à 95^{c} qui a dissous le glucoside. L'extrait obtenu par évaporation de l'éther acétique a été repris par l'eau et déféqué par addition d'extrait de Saturne. Après essorage du précipité, élimination du plomb par un courant d'hydrogène sulfuré et distillation du liquide incolore, sous pression réduite, sans dépasser +50°, on a obtenu un résidu sirupeux qu'on a repris par l'acétone anhydre. Le glucoside a cristallisé par refroidissement sur amorce de monotropitine du *Monotropa Hypopitys* L.

En partant d'une quantité d'extrait correspondant à 4^{kg} d'écorce fraîche, on a obtenu facilement 8^{g} de monotropitine pure.

La monotropitine extraite du *Betula lenta* L. possède toutes les propriétés de la monotropitine extraite du *Monotropa Hypopitys* L. Elle est rapidement hydrolysée par la poudre fermentaire de *Monotropa Hypopitys* L. Elle donne la réaction des pentoses par l'acide chlorhydrique et l'orcine. Son pouvoir rotatoire et son hydrolyse par l'acide sulfurique à 3 pour 100 viennent encore prouver cette identité.

	Monotropitine du *Betula lenta* L.	Monotropitine du *Monotropa Hypopitys* L.
Pouvoir rotatoire déterminé sur le glucoside anhydre	$\alpha_D = -58°,11$ (¹)	$\alpha_D = -57°,05$ (²)
Hydrolyse sulfurique :		
Monotropitine pour 100$^{cm^3}$	0^{g},9775	0^{g},6785
Rotation initiale ($l=2$)	− 1° 7′	− 46′
Rotation après hydrolyse	+ 30′	+ 18′
Sucre réducteur formé	0^{g},7177	0^{g},4983
Indice de réduction	444	467
Sucre réducteur pour 100	73,42	73,44

(¹) $p = 0,1955$; $v = 10$; $l = 2$; $\alpha = -2°14'$.
(²) $p = 0,1578$; $v = 10$; $l = 2$; $\alpha = -1°48'$.

Les chiffres théoriques pour la constitution que j'attribue à la monotropitine (salicylate de méthyle + glucose + xylose) sont 449 pour l'indice de réduction et 73,99 pour 100 de sucre réducteur.

En résumé, le glucoside à salicylate de méthyle de l'écorce de *Betula lenta* L. ne possède pas la constitution de la gaulthérine de Schneegans et Gerock. La gaulthérine n'existe pas dans l'écorce de *Betula lenta* L.

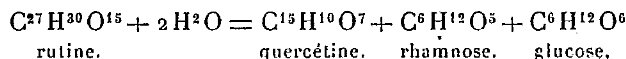
Le glucoside à salicylate de méthyle de cette écorce est identique à la monotropitine que j'ai retirée, en 1923, du *Monotropa Hypopitys* L. et c'est sous le nom de monotropitine qu'il doit être maintenant désigné.

Grâce à la teneur élevée en monotropitine de l'écorce de *Betula lenta* L., je vais pouvoir aborder plus facilement l'étude de ce glucoside. Les plantes indigènes ne m'en avaient fourni jusqu'ici que des quantités bien faibles. J'en avais obtenu $0^g,20$ par kilogramme avec le *Monotropa Hypopitys* L., et je l'avais extrait avec un rendement encore inférieur ($0^g,10$ par kilogramme) des racines fraîches de trois espèces de Spirées : *Spiræa Ulmaria* L., *Spiræa Filipendula* L., *Spiræa gigantea* var. *rosea*.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le dédoublement biochimique de la rutine. Obtention d'un glucide nouveau, le rutinose.* Note de M. C. **Charaux**, présentée par M. L. Guignard.

La rutine est un glucoside jaune, cristallisé, qui a été obtenu pour la première fois par Weiss (1), en 1842, des parties herbacées de la Rue (*Ruta graveolens* L.). On l'a rencontrée dans un assez grand nombre de plantes et elle avait été décrite sous plusieurs noms : sophorine, violaquercitrin, etc.

Sa véritable constitution a été donnée en 1904 par Schmidt (2), qui a établi que, sous l'action des acides étendus à chaud, elle se décompose en une molécule de quercétine, une molécule de rhamnose et une molécule de glucose :



$$\underset{\text{rutine.}}{C^{27}H^{30}O^{15}} + 2H^2O = \underset{\text{quercétine.}}{C^{15}H^{10}O^7} + \underset{\text{rhamnose.}}{C^6H^{12}O^5} + \underset{\text{glucose,}}{C^6H^{12}O^6}$$

Jusqu'ici le dédoublement de la rutine par un ferment n'a pas été obtenu avec certitude. Il n'a été essayé que par H. Ter Meulen (3) qui est arrivé à

(1) *Ueber das Rutin, vorgetragen beim Apotheker-Gremium für Mittelfranken in Baiern* [*Pharmaceutisches Centralblatt*, t. 13 (II), 1842, p. 903].

(2) *Zur Kenntniss der Rhamnoside* (*Arch. Pharm.*, t. 132, 1904, p. 210).

(3) *Le sucre dans la sophorine* (*Sjedenkbock aangeboden aan J. M. van Bemmelen*, 1910, p. 411-415), résumé dans *Abstracts* (I), t. 100, 1911, p. 391.

des résultats inacceptables. Ter Meulen prétend qu'en faisant agir sur la rutine le ferment des graines de *Rhamnus infectoria*, que C. et G. Tanret ont appelé rhamninase [1], il se forme le même sucre que dans le dédoublement de la xanthorhamnine, le rhamninose. Le sucre est lévogyre ($\alpha_D = -41^\circ$ environ); il est formé d'une molécule de rhamnose et de deux molécules de galactose. On ne voit pas comment le rhamninose pourrait se former dans l'hydrolyse de la rutine qui ne renferme pas de galactose dans sa molécule.

J'ai fait agir sur la rutine un ferment que j'ai retiré des graines déshuilées et débarrassées de leur tégument du *Rhamnus utilis*, par macération aqueuse et précipitation par l'alcool. 250^g de graines donnent ainsi 17^g de produit fermentaire.

L'hydrolyse a été conduite de la façon suivante :

On a mélangé dans un flacon 10^g de rutine en poudre fine, 2^g de ferment, 500^g d'eau distillée bouillie, saturée d'éther.

En 24 heures, on a constaté que la coloration de la poudre avait foncé fortement, ce qui est dû à la formation de la quercétine, et que le liquide était devenu réducteur. La marche de la réaction ne peut être suivie au polarimètre, car la rutine est insoluble dans l'eau et le sucre qui se forme au cours de l'hydrolyse, soluble dans l'eau, est, pour ainsi dire, inactif sur la lumière polarisée.

Au bout de 10 jours, on a chauffé au bain-marie bouillant pour chasser l'éther et tuer le ferment, puis on a filtré pour séparer le dépôt de quercétine impure. La solution, légèrement jaunâtre, renferme le sucre qu'on a obtenu par traitement à l'alcool absolu et précipitation par l'éther qui donne une poudre blanche se présentant au microscope sous la forme de rognons sans forme cristalline déterminée.

On a obtenu 3^g,80 de sucre pour 10^g de rutine. J'appellerai ce sucre, le *rutinose*.

Le rutinose est très hygroscopique et se prend rapidement en une masse pâteuse. Séché à l'étuve à $+100^\circ$, il perd environ 6 pour 100 de son poids. Il n'a pas de point de fusion net. Il se ramollit vers $+140^\circ$ et ne devient liquide que vers $+189$-192° en brunissant.

Le rutinose réduit la liqueur de Fehling à l'ébullition. 1^g réduit comme 0^g,68 de glucose.

Il présente le phénomène de la mutarotation. Aussitôt après sa dissolution dans l'eau, il est légèrement dextrogyre, puis son pouvoir rotatoire devient sensiblement nul.

---

(1) *Sur la rhamninase et la xanthorhamnine* (*Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 21, 1899, p. 1073).

On a trouvé, dans une expérience,

$$\alpha_D = +3^\circ,47 \ (p = 0,72;\ v = 20;\ l = 2;\ \alpha = +0^\circ,25).$$

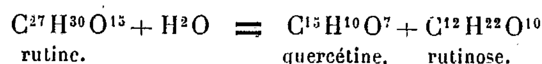
En solution alcoolique (alcool à 95°) le rutinose est lévogyre sans mutarotation :

$$\alpha_D = -10^\circ \ (p = 0,20;\ v = 20;\ l = 2;\ \alpha = -0^\circ,20).$$

Le rhamnose se comportant de la même façon, il est probable que le groupe réducteur du rutinose appartient au rhamnose qu'il renferme.

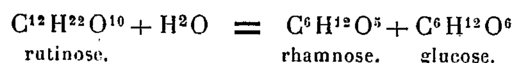
Par hydrolyse sous l'action de l'acide chlorhydrique au dixième, au bain-marie bouillant, la rotation d'une solution de rutinose à $0^g,216$ pour 15^{cm^3} a passé de $\pm 0^\circ$ à $+0^\circ,90$. Un mélange équimoléculaire de rhamnose et de glucose aurait donné $+0^\circ,93$.

Sous l'action du ferment des graines du *Rhamnus utilis*, le dédoublement de la rutine a donc lieu suivant l'équation



$$\underset{\text{rutine.}}{C^{27}H^{30}O^{16}} + H^2O = \underset{\text{quercétine.}}{C^{15}H^{10}O^7} + \underset{\text{rutinose.}}{C^{12}H^{22}O^{10}}$$

et le rutinose donne à l'hydrolyse par les acides :



$$\underset{\text{rutinose.}}{C^{12}H^{22}O^{10}} + H^2O = \underset{\text{rhamnose.}}{C^6H^{12}O^5} + \underset{\text{glucose.}}{C^6H^{12}O^6}$$

Le ferment des graines de *Rhamnus utilis* ne dédouble d'ailleurs pas que la rutine. J'ai constaté qu'il dédoublait la robinine en donnant un glucide formé de deux molécules de rhamnose et d'une molécule de galactose, glucide dont je poursuis actuellement l'étude. Il agit aussi sur un glucoside jaune que j'ai retiré des fleurs de *Spirœa Ulmaria* L. (travaux inédits) en donnant un glucide qui semble différent du rutinose.

Il agit également sur les glucosides anthraquinoniques de l'écorce de *Rhamnus Frangula* L., de l'écorce et des fruits de *Rhamnus cathartica* L.; enfin il dédouble la xanthorhamnine, la primevérine, la baptisine, l'hélicine et l'amygdaline. Il est sans action sur l'isohespéridine.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Dosage simultané de l'iode minéral et organique dans les algues.* Note de M[lles] **J. Lelièvre** et **Y. Ménager**, présentée par M. Béhal.

Les méthodes décrites précédemment (¹) ne présentent pas de garantie suffisante contre les pertes d'iode par volatilisation ou destruction incomplète des tissus.

Celle que nous allons exposer élimine ces deux causes d'erreur. Elle consiste, en effet, à brûler les algues dans un tube à combustion traversé par un courant d'oxygène, en présence d'une toile d'argent qui fixe l'iode libéré. Les gaz sont recueillis à la sortie du tube et analysés à part.

Le traitement des cendres (iode fixe) se fait par les procédés décrits précédemment; quant à l'iodure d'argent, il est oxydé électrolytiquement et l'iode est dosé soit à l'état d'acide iodique, soit sous forme d'iodure. Cette partie de la méthode étant d'application nouvelle, nous en avons établi la précision en brûlant dans notre appareil de l'iodoforme et du toluène *p*-iodé; cette précision est de l'ordre de 1 pour 100 et nous suffit provisoirement.

L'appareil et la marche de l'opération devant être décrits avec toutes les précisions nécessaires dans un Mémoire détaillé, nous nous bornerons, dans cette Note à une description sommaire :

Appareil. — Dans le tube à combustion, on dispose d'avant en arrière une toile de cuivre oxydé servant de témoin, une toile d'argent qui fixe l'iode, une colonne d'amiante platinée, la substance contenue soit dans une nacelle (iodoforme ou toluène *p*-iodé), soit dans un tube pyrex protégé par du fil de platine (algues), enfin une autre toile d'argent servant de garde. La partie antérieure du tube a été préalablement étirée et recourbée, et aboutit, sans connexions, à la partie inférieure d'un appareil Dupré; celui-ci est relié par sa tubulure supérieure à un gazomètre en verre monté en aspirateur.

Conduite de l'opération. — Elle ne présente pas de particularité, sinon que dans le cas des algues, il est nécessaire de chauffer celles-ci deux ou trois heures à basse température dans le courant d'oxygène, de façon à les dessécher avant la combustion proprement dite. Pendant toute l'opération, l'amiante est portée au rouge clair, les toiles d'argent étant maintenues au rouge très sombre, pour éviter autant que possible la fusion de l'iodure d'argent et son dépôt sur le verre (²). Signalons en passant

---

(¹) Freundler, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 515.

(²) On observe d'ailleurs toujours un voile jaune clair vis-à-vis de l'argent, par suite de la volatilisation du métal, mais ce voile s'observe tout aussi bien dans les combustions à blanc.

comme preuve de la valeur du procédé que, dans le cas du toluène *p*-iodé, il s'est fait du ditolyle; l'argent est donc capable, non seulement de fixer l'iode libre, mais aussi de dissocier les composés organiques volatils très stables.

ANALYSE DES PRODUITS. — *a. Cendres.* — Sauf de légères variantes, le dosage de l'iode des cendres se fait par les méthodes usuelles : dissolution dans l'eau acétique, oxydation permanganique en iodate et titrage à l'iodure et à l'hyposulfite. Le faible résidu charbonneux résultant de ce traitement a été rebrûlé dans le même appareil : il ne renferme que des traces d'iode non dosables.

b. Toile d'argent. — L'iodure d'argent est oxydé électrolytiquement en acide iodique soluble (principales conditions : anode de platine, toile d'argent iodé à la cathode, solution d'acide sulfurique à 1 pour 100, 4 volts, 2/10 d'ampère). Les détails seront publiés ultérieurement. La solution, réduite par l'acide sulfureux, est alcalinisée, concentrée, et l'iode dosé à l'azotite, au tétrachlorure et à l'hyposulfite.

Dans le cas de traces d'iode, nous dissolvons l'iodure dans du cyanure de potassium à froid, et évaluons l'ordre de grandeur de la quantité d'iode par comparaison néphélométrique suivant la méthode de M. Denigès.

c. Gaz. — Le gaz recueilli dans le gazomètre est constitué essentiellement par de l'oxygène. Ce gaz est soumis une deuxième fois au même traitement, et d'autre part nous en avons fait passer un certain volume dans une solution alcoolique de nitrate d'argent, sans y déceler jamais la moindre trace d'iode (1).

Précision. — Les combustions effectuées sur l'iodoforme et le toluène *p*-iodé démontrent que la précision de la méthode (combustion et électrolyse) est de l'ordre de 1 pour 100, la différence provenant de ce que, jusqu'à présent, l'oxydation électrolytique de l'iodure d'argent n'a pu être poussée au delà de 99 pour 100. On sait que le dosage de l'iode dans les cendres comporte la même précision.

Résultats. — La méthode ci-dessus décrite a été appliquée à des échantillons de *L. flexicaulis* récoltés en février et mars aux îles Saint-Quay, et enfermés sur place dans des tubes pyrex scellés et tarés. Dans ces conditions, la quantité d'iode retrouvée sur la toile d'argent a varié entre 0 et 2^{mg}; cette quantité correspond au maximum à 2 pour 100 de l'iode contenu dans les échantillons, elle semble provenir d'une faible dissociation de l'iodure des cendres. La presque totalité de l'iode se trouve dans le résidu fixe sous forme d'iodure soluble accompagné d'une trace d'iodate.

Nous pouvons donc conclure de là, qu'en cette saison et chez les *L. flexicaulis*, il n'existe pas de combinaison organique iodée volatile. Ces expériences seront reprises l'été prochain, à l'époque où de grosses variations ont été constatées l'an dernier.

---

(1) En aucun cas, la toile de cuivre n'a fixé d'iode.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Coagulation et vie végétale.* Note [1] de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

L'abaissement de la tension superficielle du milieu colloïdal, en favorisant la coagulation [2], *met un terme aux échanges osmotiques.* C'est là un facteur biologique important que nous allons voir en jeu dans le protoplasma et les colloïdes végétaux. Nous nous adresserons à l'*amidon*, à la *graine* et à la *feuille*.

1° *Cas de l'amidon.* — L'amidon est en granules à couches concentriques *inégalement hydratées;* cette structure est celle que nous avons trouvée à l'ovalbumine desséchée.

Si l'on forme un empois d'amidon à 5 pour 100 en chauffant à 35°, il arrive un moment où une lente décantation sépare un *amidon soluble* d'un *amidon insoluble*, image des deux ovalbumines déjà distinguées.

Ce sont les couches hydratées ou « sombres » qui fournissent l'amidon soluble; elles assurent au granule une hydratation moyenne de 20 pour 100.

Action de l'électrolyse. — Dans un empois à 5 pour 100 on fait passer le courant de deux Leclanché par électrodes de cuivre. La solution se concentre, *se dessèche même à l'anode* où elle se colore en bleu par des ions de soufre. Elle se dilue au contraire à la cathode, où viennent l'eau et des bulles de H, et où l'analyse nous montre du Na. L'amidon renferme donc un peu de *sulfate de soude*, probablement du fait de sa fabrication. Renversons le courant, coagulation et dilution changent de pôle. Ainsi, le phénomène est bien réversible.

Actions variées : a. Sels. — A de petites quantités d'empois à 5 pour 100, en gelée coulante, ajoutons 1^g de NaCl, KCl, $CaCl^2$, SO^4Ca, PO^4Na^3 et $(PO^4)^2Ca^3$.

Au bout de 4 jours, seul PO^4Na^3 *a fluidifié la gelee;* KCl a donné un coagulum facile à redissoudre; tous les autres, un coagulum très dur, surtout les sels de calcium. Mais le phénomène n'en est pas moins réversible.

b. Acides organiques, alcool, éther, huile. — Dans des tubes à essai on ajoute, à de l'empois semi-liquide, $0^g,50$ d'alcool éthylique, éther, huile, acides lactique, tartrique, citrique, oxalique. L'alcool forme émulsion, gelée, enfin coagulum. L'éther fait l'inverse : il défait le coagulum, le

---

[1] Séance du 31 mars 1924.

[2] Jules Amar, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 522 et 803.

pulvérise. Mis avec une solution d'amidon que l'on chauffe longtemps, il empêche la formation d'un empois. Reprenons par l'alcool une gelée réduite en poudre par l'éther; nous obtenons des grumeaux gélatineux, analogues au blanc d'œuf cuit. Traités à nouveau par l'éther, ces derniers se changent en petits grains secs qui rappellent la magnésie calcinée.

L'empois d'amidon est donc une gelée colloïdale que les abaisseurs de tension superficielle déshydratent en la coagulant fortement, que l'éther dessèche et pulvérise en la privant de son eau de constitution.

Les acides citrique et lactique ont un effet *floculant* plus marqué que l'huile et autres acides. Et ces phénomènes aussi sont réversibles.

Le granule nous semble, dans ce cas, un *produit de sécrétion* dont les couches sont inégalement coagulées. Or il résulte de l'action des *courtes radiations* du Soleil, lesquelles sont coagulantes; par suite, c'est l'alternance du jour et de la nuit qui fait les couches sèches et hydratées.

Les botanistes trouveront sans doute des *différences physiques* entre cet amidon et celui qui s'élabore dans l'obscurité, ou la lumière continue.

2° *Cas de la graine* (*haricot dit « Soissons »*). — On réduit en poudre une graine d'haricot sec, et l'on fait sécher pendant 15 jours sous cloche à SO^4H^2. Le poids passe de 2g,560 à 2g,380, soit 7 *pour* 100 *d'eau*, contre 80 pour 100 dans l'haricot vert.

Soumettons des graines sèches à des *solutions salines* à 1 pour 100, et examinons la *limite osmotique* et la *vitalité*.

Solutions à 1 °/₀ de	Poids gagné °/₀.
$NaCl$	103,5
KCl	98,2
$MgCl^2$	90,0
$CaCl^2$	92,7
PO^4Na^3	94,1
$(PO^4)^2Mg^3$	93,5
$(PO^4)^2Ca^3$	87,5

On voit *la supériorité des sels de soude;* mais plaçons ces mêmes *graines salées* dans une solution à 10 pour 100 de saccharose, renouvelée souvent. Nous constatons ceci. L'effet de $NaCl$ et PO^4Na^3 a été de conserver aux graines toute leur vitalité : tissu ferme, hydraté, d'aspect sain. Les autres ont ou légèrement gélatinisé le tissu, ou coagulé et desséché comme de l'amiante.

Ainsi, *phosphate et chlorure de sodium favorisent la fluidité du protoplasma végétal;* les sels de calcium font l'inverse et diminuent sa vitalité.

3° *Cas de la feuille* (*fusain d'Europe*). — On met à sécher, sous cloche à SO^4H^2, cinq feuilles de fusain, les unes à peine cueillies, les autres après

une heure d'immersion dans alcool, éther, huile, et solutions salines à 10 pour 100. Nous obtenons les résultats suivants :

État antérieur.	Poids de 5 feuilles. Avant.	Poids de 5 feuilles. 4 jours après.	Perte de poids pour 100.
Normales	700 mg	165 mg	76,4
Traitées par :			
Alcool	710	195	72,5
Éther	445	125	71,9
Huile	525	160	69,5
NaCl	550	135	75,4
PO^4Na^3	890	215	75,9
Autres sels			de 73 à 74

C'est, on le voit, NaCl et PO^4Na^3 qui gardent sa fluidité au protoplasma. Mais *prolongeons l'immersion pendant 5 jours*, sans dessécher ensuite, et voyons le poids :

Poids des feuilles de fusain.

	Alcool.	Éther.	NaCl.	$CaCl^2$.	CO^3Na^2.	PO^4Na^3.
Avant immersion	620mg	595mg	720mg	460mg	450mg	435mg
Après immersion	620mg	270mg	1040mg	590mg	610mg	550mg
+ ou — pour 100	0	—54,6	+44,4	+28,2	+35,5	+26,4

L'action « décoagulante », osmotique, du NaCl et des autres sels de sodium est confirmée. Mais les autres sels, peu actifs par une immersion courte (1 heure), se montrent plus ou moins coagulants, et en proportion de l'abaissement de tension superficielle qu'ils déterminent à la longue [1].

Mais si l'éther et l'huile agissent aussi dans ce sens, ils le font d'une façon réversible. Seul *l'alcool est un coagulant énergique du protoplasma*. Et les feuilles alcoolisées perdent à jamais leur pouvoir osmotique; aucun traitement par les sels sodiques n'a pu les rajeunir et les hydrater.

Donc sur le protoplasma, au contraire de l'amidon, sur tout colloïde azoté, *l'alcool est un coagulant à effet irréversible*. Il donne aux feuilles, qu'il rend raides et cassantes, l'aspect de feuilles artificielles.

Mais le chlorure de sodium leur assure tous les traits de la vie, la souplesse, la coloration verte; il les soustrait à la coagulation et à la mort. Ce sont, en somme, les sels de soude qui, pour maintenir la vitalité par la fluidité du milieu, doivent prédominer dans les liqueurs de l'organisme. Et il en est ainsi chez tous les êtres vivants.

---

(1) Nous avions donné les valeurs de cet abaissement.

PHYSIOLOGIE. — *Remarques au sujet d'une Note de M. E.-F. Terroine relative aux lois qui régissent l'intensité du métabolisme chez les homéothermes.* Note [1] de Mlle **E. Le Breton** et M. **G. Schaeffer**, présentée par M. Henneguy.

Dans une Note récente parue ici même [2] M. Terroine écrit à propos des facteurs déterminant la grandeur du métabolisme chez les homéothermes :

« Ni l'idée de limiter la masse active à l'azote nucléinique, avancée par Palladine pour les végétaux et reprise par E. Le Breton et Schaeffer pour les animaux, ni celle émise par Bertrand pour les végétaux et tendant à faire jouer un rôle important à certaines substances minérales (manganèse), n'ont permis jusqu'ici l'acquisition d'aucun résultat positif chez les homéothermes. »

M. Terroine se plaît à faire de nous de simples imitateurs de Palladine à propos d'une idée que ni lui ni nous n'avons jamais exprimée comme nous allons le voir.

1° Palladine [3] n'a jamais dit comme nous que l'azote nucléinique était un représentant indirect de la masse protoplasmique active. Pour lui, les substances protéiques actives du protoplasme sont celles que ne digère pas le suc gastrique de porc. Ces substances seraient constituées d'après F. Schwarz, sur lequel il s'appuie, par « le protoplasme, le noyau et les corps chlorophylliens » ou encore, comme il l'écrit plus loin, par « la plastine (?) et la nucléine ». C'est cet ensemble qui pour Terroine est devenu l'azote nucléinique. La compréhension étroite du terme azote nucléinique ne justifie pas une telle assimilation.

La forme de la loi de Palladine était en somme la suivante : « Aux facteurs d'intensité près (température; hydrates de carbone disponibles) l'acide carbonique dégagé par les plantes est en rapport constant avec la quantité d'azote non digestible qu'elles contiennent. » Sa conception de l'azote non digestible montre assez qu'il n'a pas *limité la masse active à l'acide nucléinique.*

2° E. Le Breton et G. Schaeffer, d'une façon plus explicite encore, n'ont jamais pensé qu'on pouvait *limiter* la masse protoplasmique active à l'un de

(1) Séance du 31 mars 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1022.

(3) Palladine, *Revue générale de Botanique*, t. 8, 1896, p. 225-248.

ses représentants possibles : l'acide nucléinique. Craignant une telle interprétation erronée de leurs conceptions, ils l'ont d'avance repoussée en écrivant ([1]) : « L'acide nucléinique n'est évidemment pas la masse active elle-même; pour qu'il en soit un *représentant* qualifié, il faut que ses variations quantitatives soient parallèles à celles de la masse protoplasmique active tout entière. »

En ce qui concerne le rapport liant la masse active à la grandeur des échanges chez les êtres vivants, nous n'avons fait que nous rallier à l'opinion de F.-G. Benedict ([2]). La grandeur des mutations énergétiques est proportionnelle à la masse active, aux facteurs d'intensité près (pression de l'oxygène et température chez les poïkilothermes; qualité de la masse active, nombre des pulsations cardiaques, etc., chez les homéothermes). En dépit de l'opinion de Krogh, nous pensons pouvoir évaluer indirectement la masse active et voir si expérimentalement l'opinion de Benedict se vérifie.

Nous ne croyons d'ailleurs pas que M. Terroine prédise un échec expérimental à la vérification de cette loi de Benedict dont son hypothèse découle. Si ce qu'il condamne c'est l'idée de *limiter la masse active à l'azote nucléinique*, cette condamnation est sans objet, car nous ne connaissons pas d'auteur ayant soutenu cette opinion.

RADIOACTIVITÉ. — *De l'influence du thorium X sur la formule sanguine.* Note de MM. **Aversenq, Delas, Jaloustre** et **Maurin**, transmise par M. Daniel Berthelot.

De nombreux travaux ont déjà paru sur cette question. Tour à tour, on a cherché l'influence du thorium X sur le sang de l'homme ([3]), du chien, du cobaye. M. Galiacy, dans sa thèse inaugurale de doctorat en médecine du 21 décembre 1923 (Bordeaux), a rappelé précisément ces différentes recherches et souligné leurs contradictions sur certains points. Il a repris systématiquement la question étudiant à la fois l'action du thorium X sur la fragilité leucocytaire et sur la formule sanguine. Nos recherches person-

---

([1]) *Loc. cit.*, page 20, ligne 22.

([2]) F.-G. Benedict, *Factors affecting basal metabolism* (*Journal of Biological Chemistry*, t. 20, 1915, p. 263-299).

([3]) G. Petit, L. Marchand et L. Jaloustre, *Les effets généraux des injections hypodermiques de thorium X sur l'organisme* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1170).

nelles étaient en cours au moment où fut soutenue cette thèse, que nous ignorions jusqu'à ces jours derniers. D'ailleurs nos résultats concordent avec ceux de M. Galiacy et les complètent par certains détails, car si nous avons laissé de côté la fragilité leucocytaire nous avons par contre examiné l'action sur les globules rouges en même temps que sur les globules blancs. En outre, au lieu de nous limiter au cobaye, nous avons poursuivi nos recherches à la fois sur cet animal et sur le lapin.

I. *Expériences sur le cobaye.* — Nous avons pris d'abord un cobaye mâle du poids de 420^g sur lequel nous avons recherché les effets de l'injection sous-cutanée d'une dose unique de 50 microgrammes.

Moment de l'examen.	Nombre des hématies.	Nombre des leucocytes.
Avant l'injection	5260000	13800
3 heures après	6000000	24000
8 heures après	5520000	8700
36 heures après	3750000	7200
7 jours après	5360000	3500
11 jours après	5370000	3100
18 jours après	4870000	6700

Par suite, après une hyperglobulie et une hyperleucocytose passagères apparaît une hypoglobulie, mais surtout une leucopénie marquée, tendant toutefois à s'améliorer sur la fin, du moins en ce qui concerne la leucopénie.

En outre, la formule sanguine change de sens.

Avant l'injection, elle était ainsi constituée :

Polynucléaires	44 pour 100
Mononucléaires	56 pour 100

Mais, sous l'influence du thorium X apparaît progressivement une mononucléose jeune qui atteint son maximum au 7e jour, où nous trouvons jusqu'à 96 pour 100 de lymphocytes, pour décroître ensuite légèrement et rester à 86 pour 100 le 18e jour, après l'injection.

En somme, il existe une leucopénie avec mononucléose marquée (lymphocytose) et hypoglobulie à la suite de cette forte dose de thorium X, soit 120$^\gamma$ par kilogramme d'animal).

L'état général de l'animal s'est conservé satisfaisant, l'amaigrissement a été négligeable. Il n'a perdu que 25^g dès le début, récupérés d'ailleurs vers le 10e jour.

En second lieu, nous avons recherché les modifications sanguines d'un cobaye mâle de 720^g, par 8 injections successives de 20$^\gamma$ par semaine du 8 décembre 1923 au 26 janvier 1924.

Nous avons encore noté une diminution des globules rouges de la leucopénie (3450 leucocytes) avec 82 pour 100 de mononucléaires dont 74 pour 100 de lymphocytes. En outre, le poids de l'animal fléchit sans cesse et tombe à 575g au 34e jour des recherches. Il meurt enfin cachectisé le 50e jour, pesant seulement 375g, ayant par suite perdu près de la moitié de son poids initial.

Par conséquent, ces doses répétées de 25 à 30γ par kilogramme d'animal ont donné des résultats comparables aux précédents avec toutefois une considération de l'organisme du cobaye qui n'a pu les supporter.

2. *Expériences sur le lapin.* — Le lapin, en expérience, pèse avant toute injection 1635g. Il a une richesse sanguine et une formule sanguine ainsi composées :

Globules rouges		8000000
Globules blancs		4850
Formule sanguine.	polynucléaires	38 pour 100
	grands et moyens mononucléaires	18 »
	lymphocytes	44 »

Il reçoit 5 injections hebdomadaires à taux différents, soit des doses modérées, fortes et très fortes.

Une 1re injection le	4 janvier 1924		25γ
» 2e »	12	»	50
» 3e »	19	»	25
» 4e »	26	»	20
» 5e »	2 février 1924		100

Sous l'influence de doses modérées (12 à 15γ par kilogramme d'animal), on constate dès les premières heures, suivant l'injection, une leucocytose très notable (chiffre initial triplé), puis graduellement une leucopénie moyenne ($\frac{2}{3}$ du chiffre initial). En même temps, on note une mononucléose et lymphocytose pouvant atteindre 70 à 75 pour 100. Le nombre des globules rouges est diminué assez sensiblement et de façon plus précoce.

La dose forte (30 à 40γ par kilogramme) provoque des modifications de même ordre, mais plus accusées. La leucopénie peut atteindre $\frac{1}{3}$ du chiffre initial (1600 leucocytes seulement) avec toujours une lymphocytose accusée (58 pour 100).

La dose très forte (70γ par kilogramme) amène, par contre, un résultat un peu paradoxal. C'est ainsi que nous avons noté une cytolyse considérable affectant surtout les globules rouges qui tombent à 1900000. Par

contre, nous avons constaté une augmentation des globules blancs qui atteignent 8000 avec toujours, cependant, une formule leucocytaire de même ordre (mononucléose jeune, 70 pour 100).

Ces doses excessives ébranlent visiblement l'état général de l'animal. Il présente de la paraplégie du train postérieur, maigrit sensiblement (1500^g). Toutefois, ces symptômes s'amendent assez vite, et en 15 jours l'animal a repris son poids, retrouvé sa motilité normale. Cinquante jours après cette injection massive, il accuse 8620000 globules rouges et 7850 leucocytes dont 25 polynucléaires et 75 mononucléaires pour 100.

En somme, leucopénie avec lymphocytose marquée et hypoglobulie moyenne, tel est le bilan des doses moyennes et fortes. Quant à la dose très forte, elle amène une hypoglobulie intense avec, cependant, une certaine élévation leucocytaire, véritable appel de défense d'un organisme violemment secoué.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherches, par une méthode radiochimique, sur la circulation du bismuth dans l'organisme.* Note (¹) de MM. **I. A. Christiansen**, **G. Hevesy** et **S. Lomholt**, présentée par M. Charles Moureu.

Pendant ces dernières années le bismuth a pris une importance croissante dans le traitement de la syphilis (²). Pour nous renseigner sur ses conditions d'absorption, sa distribution dans l'organisme et son élimination, nous avons utilisé une méthode radiochimique, qui a tout d'abord été proposée par Hevesy et par Paneth (³).

Voici le principe de la méthode. On prépare le médicament avec le mélange d'une solution d'un sel de bismuth et d'une solution d'un isotope radioactif, le radium E, de cet élément. Comme l'on sait, il suffira ensuite de mesurer la quantité d'isotope radioactif présente dans l'essai considéré pour pouvoir calculer la quantité de bismuth inactif.

Nous avons extrait le radium E d'une solution chlorhydrique de radium D, produite par la désintégration de l'émanation d'une quantité de radium correspondant à 2-4 curie. Les essais ont été faits sur des lapins. De temps en temps on pratique dans les muscles des injections de

(¹) Séance du 17 mars 1924.

(²) Sazerac et Levaditi, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1391; t. 173, 1921, p. 338.

(³) Voir Aston, *Les isotopes*, Paris, 1923. — F. Paneth, *Zeitschrift f. angewandte Ch.*, t. 35, 1922, p. 549. — Hevesy, *Biochemical Journal*, t. 17, 1923, p. 441.

petites quantités d'une suspension huileuse du médicament. Après environ 15 jours on tue le lapin.

Voici les matières qui doivent être examinées : 1° les dépôts des injections; 2° les viscères les plus importants; 3° l'urine quotidienne; 4° les fèces quotidiennes; 5° de petites quantités définies de la suspension employée pour l'expérience.

Pour l'analyse on brûle tous les tissus organiques au moyen de petites quantités d'acide nitrique fumant; puis les cendres sont dissoutes dans l'acide nitrique dilué, et, la solution ayant été placée dans des capsules de Petri, on évapore l'acide nitrique; enfin on détermine électrométriquement la radioactivité des petites quantités de sels qui restent au fond des capsules en mesurant les rayons β émis par le radium E présent. Quant aux rayons α émis par le polonium également présent, on les absorbe à l'aide d'une plaque d'aluminium d'une épaisseur d'environ $\frac{1}{20}$ de millimètre. Des essais de contrôle ont démontré que les erreurs maxima des différentes déterminations exécutées par cette méthode sont d'environ 10 pour 100.

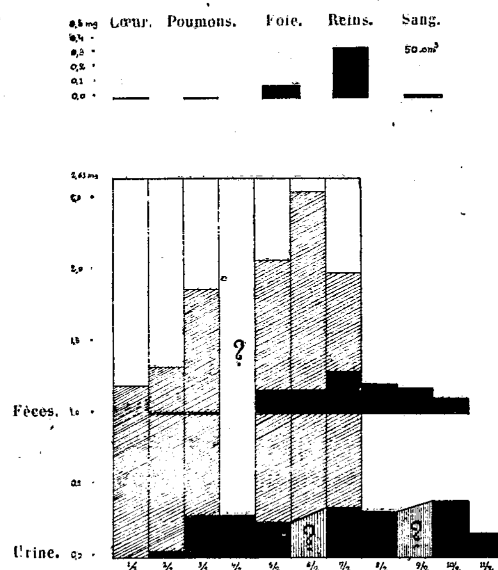
Nous l'avons utilisée pour des expériences sur 9 lapins. Dans 5 cas nous avons employé la quinine iodobismuthique [1] et dans 4 cas l'hydroxyde de bismuth. Les résultats obtenus ont été nettement concordants. Nous nous bornerons à donner ici ceux de l'un des essais avec la quinine iodobismuthique. Ils sont résumés dans la figure suivante. Les hauteurs des colonnes verticales représentent les quantités de bismuth injectées par jour; les hachures de ces colonnes indiquent les quantités trouvées dans les dépôts d'injection correspondantes. Les colonnes supérieures noires représentent les quantités trouvées dans les fèces quotidiennes, et les colonnes inférieures noires représentent les quantités trouvées dans l'urine. Les rectangles noirs placés dans la partie supérieure du tableau donnent le contenu des différents viscères.

Les résultats généraux de toutes nos expériences peuvent être résumés comme il suit : 1° L'élimination du bismuth se fait surtout par l'urine ; la quantité de bismuth qu'on y trouve est le double de celle qui passe dans les matières fécales; elle augmente au cours du traitement, ce qui n'apparaît pas aussi clairement pour les matières fécales; 2° le cœur et les poumons ne contiennent qu'une petite quantité de bismuth; le foie en contient une quantité assez faible, et les reins une quantité assez forte, en

---

[1] $C^{20}H^{25}N^{2}O^{2}.BiJ^{4}$.

général plus du double de celle que l'on trouve dans le foie; dans 50^{cm^3} de sang on n'en a trouvé qu'une très petite quantité.



Les résultats obtenus montrent donc qu'il ne faut employer le bismuth qu'avec une certaine prudence, à cause de sa résorption assez lente et assez irrégulière, qui peut présenter un danger d'intoxication. Sa ressemblance avec le mercure ([1]), au point de vue de la circulation, exige aussi des précautions dans l'emploi simultané des deux métaux, qui pourrait amener une accumulation de l'effet toxique.

BIOLOGIE. — *Malformations produites chez une Mouche* (Calliphora erythrocephala *Meig.*) *par l'action des vapeurs de naphtaline; réapparition des anomalies dans une seconde génération élevée dans des conditions normales.* Note de M. **L. Mercier**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Des pupes de *Calliphora erythrocephala* Meig. sont réparties en deux lots : l'un sert de témoin, l'autre est soumis à l'action de vapeurs de naphtaline suivant une technique qui sera indiquée ultérieurement.

([1]) Voir Svend Lomholt, *British Journal of Dermatology* 1921 (*Archiv für Dermatologie und Syphilis*, t. 126, 1918, p. 154).

Expérience a (*Expérience d'hiver*). — Sur 65 pupes témoins : 9 sont mortes et les 56 autres ont donné 55 individus normaux et 1 individu à ailes défectueuses.

Par contre, sur 99 pupes soumises aux vapeurs de naphtaline : 11 ont été tuées, 81 ont donné des Mouches normales et 7 ont fourni des Mouches présentant diverses malformations.

Expérience b (*Expérience d'été*). — Les pupes du lot témoin, au nombre de 250, ont donné naissance à des Mouches normales. Sur 119 pupes exposées aux vapeurs de naphtaline : 87 ont été tuées, 28 ont donné des Mouches normales et 4 ont fourni des Mouches présentant diverses malformations.

Les individus anormaux obtenus au cours de ces expériences sont en général faibles; chez certains, les pattes sont grêles et présentent des malformations, souvent l'abdomen ne se dilate pas et conserve pendant toute la durée de la vie l'aspect qu'il possède au moment où l'insecte sort de la pupe.

Mais la malformation la plus caractéristique porte sur les ailes; celles-ci sont incomplètement déplissées et même, dans certains cas, se présentent comme de courts moignons falciformes atteignant à peine la moitié de la longueur de l'abdomen.

Ces malformations sont à rapprocher de certaines anomalies alaires qui ont été obtenues par Dewitz et par Roubaud. On sait en effet que Dewitz (1912) (¹), ayant placé des pupes de *Calliphora* pendant près de trois mois dans une chambre froide (+ 2°), ou les exposant une ou deux heures à une température de + 40°, a obtenu des imagos à ailes plus ou moins défectueuses et même nulles. De même, Roubaud (1922) (²) a constaté que des larves hivernantes de *Mydœa platyptera* réactivées exceptionnellement sans le secours du froid donnent naissance à des imagos présentant des atrophies alaires qui peuvent aller jusqu'à l'absence complète de tout rudiment d'aile apparent.

Laissant de côté, pour l'instant, la question de savoir s'il y a eu réellement action de la naphtaline sur les disques imaginaux des ailes, ou si l'atrophie est due à un défaut de déploiement de ces organes, corrélatif à la faiblesse des Mouches, nous constatons que l'action des vapeurs de naphtaline sur les pupes de *Calliphora erythrocephala* est comparable à celle qu'exercent

---

(¹) J. Dewitz, *L'aptérisme expérimental des Insectes* (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 386).

(²) E. Roubaud, *Études sur le sommeil d'hiver pré-imaginal des Muscides. Les cycles d'asthénie et l'athermobiose réactivante spécifique* (*Bul. Biol. France et Belgique*, t. 56, 1922, p. 455).

certains grands facteurs du milieu extérieur, le facteur température par exemple.

La descendance des imagos issus de pupes soumises aux vapeurs de naphtaline. — Des mouches anormales et en apparence normales, issues de pupes naphtalinées, ont été croisées entre elles. Les résultats obtenus sont les suivants :

Première génération. — *a.* ♂ à ailes réduites à l'état de moignons × ♀ à ailes normales. Ce croisement n'a donné aucune descendance.

b. ♂ à ailes normales × ♀ à ailes normales. Un grand nombre d'asticots, puis de pupes obtenus de ces croisements sont morts en cours de développement; pour les *puparia* seuls, la mortalité est d'environ 30 pour 100. Les pupes ayant poursuivi leur évolution complète ont donné : 158 imagos normaux, 11 imagos à ailes plus ou moins défectueuses et à pattes malformées, 8 imagos à ailes réduites à l'état de moignons falciformes.

Deuxième génération. — Des Mouches nées du croisement *b* de première génération (parents à ailes normales) ont été accouplées de la façon suivante :

a. ♂ et ♀ à ailes réduites à l'état de moignons. Ce croisement n'a donné aucune descendance.

b. ♂ à ailes normales × ♀ à ailes défectueuses et à pattes malformées; 76 pupes ont été obtenues : 3 sont mortes en cours de développement et les 73 autres ont donné des imagos en apparence normaux.

Conclusions. — Les vapeurs de naphtaline exercent une action indiscutable sur les pupes de *Calliphora erythrocephala*. Vis-à-vis de la naphtaline, les pupes présentent des différences individuelles considérables : un certain nombre sont tuées, d'autres donnent des imagos affaiblis qui présentent des ailes plus ou moins défectueuses, des pattes malformées; enfin, le plus grand nombre donnent des Mouches qui ne présentent, en apparence, aucune anomalie (¹).

Il semble que les individus à malformations très accusées sont incapables de donner une descendance. D'autre part, des Mouches en apparence normales, issues de pupes naphtalinées, donnent des descendants qui, sans avoir subi l'action de la naphtaline, présentent les mêmes anomalies que certains imagos issus de pupes naphtalinées. Il est donc indiscutable

(¹) Lienhart, Mutel et Bretagne (*Comptes rendus Soc. Biol.*, Paris, t. 88, 1923, p. 765 et 1106) ont également constaté que les Lapins présentent une sensibilité générale très inégale à l'intoxication.

que les vapeurs de naphtaline agissent, non seulement sur le soma, mais aussi sur les cellules germinales.

Toutefois, dans mes expériences, cette action de la naphtaline ne détermine pas de variations héréditaires définitives puisque dès la seconde génération les cellules germinales ne transmettent plus les malformations acquises. Il faut donc admettre qu'il y a dans ces cellules un mécanisme régulateur qui tend à effacer les modifications acquises pour les accidents de la vie et à rétablir l'état ancien et normal.

Alors s'éclairent d'un jour nouveau un certain nombre d'observations qui en ont imposé pendant un temps pour des hérédités de caractères acquis. C'est le cas, en particulier, des expériences de Pictet sur les Chenilles nourries avec des aliments non habituels, ce qui retentit sur les Papillons et chez leurs descendants des deux ou trois générations suivantes; mais l'effet du changement de nourriture cesse alors et les altérations disparaissent.

Les cellules germinales, aussi bien que les somatiques, peuvent donc présenter des *caractères acquis*. On conviendra que cette nouvelle notion des *caractères acquis* par les cellules sexuelles et *non transmissibles* rend de plus en plus improblable la thèse lamarckienne de l'hérédité des caractères acquis par le soma.

ZOOLOGIE. — *Les associations animales de l'horizon moyen de la zone intercotidale de la petite Syrte.* Note de M. **L.-G. Seurat**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'horizon moyen de la zoné intercotidale de la Syrte mineure offre des associations animales remarquables, dans lesquelles on observe parfois une majorité d'Arthropodes terrestres, suivant le faciès considéré.

1° *Associations animales de sable vaseux ferme, couvert d'une croûte de Schizophycées :*

Ce faciès est particulièrement développé à Adjim (île Djerba); au premier examen la plage, partout où elle est couverte d'une croûte végétale, apparaît comme très pauvre en formes animales, à part les Insectes qui y circulent; par contre, si l'on prélève un bloc de sable vaseux ferme, celui-ci se montre parcouru de nombreuses galeries perpendiculaires à sa surface, ayant ainsi l'apparence d'un morceau de bois miné par les xylophages; la croûte elle-même est sillonnée de galeries parallèles à la surface, habitées par les larves et les nymphes d'un Tipulide, le *Geranomyia bezzii* Alexander et Leonard, dont l'adulte se tient sur les plantes, *Nitraria tridentata* Desf. à Adjim, *Reaumuria*

vermiculata L. à El Attaya (Kerkennah), qui garnissent la crête de sable grossier séparant la plage de la Sebkhra; au printemps, j'ai observé les adultes venant d'éclore sur la plage elle-même.

Les galeries creusées dans le sable vaseux sont habitées par une majorité d'Arthropodes terrestres, associés à des Annélides.

Les Insectes fouisseurs les plus fréquemment observés sont le *Bledius* sp., voisin du *Bledius furcatus* Oliv. et l'*Heterocerus* sp., voisin de l'*Heterocerus flexuosus* Steph. Ces deux Insectes sont phytophages et se nourrissent des Schizophycées; ils vivent à demeure dans ces galeries, ainsi que l'atteste la coexistence d'œufs, de larves, de chrysalides et d'adultes. Il en est de même pour le *Bledius infans* Rott., beaucoup plus rare, et probablement aussi pour un petit Carabique, le *Tachys micros* Fisch., qui court dans les galeries creusées par les *Bledius* et les *Heterocerus*.

Diverses Cicindèles, parmi lesquelles *Cicindela lunulata* Fabr. est, de beaucoup, la plus fréquente, courent sur la plage à marée basse, s'abritant par mauvais temps sous les fragments soulevés de la croûte végétale, à côté du *Labidura riparia* Pall.; leurs larves creusent des terriers verticaux dans le sable vaseux de la plage, jusque dans la partie la plus rapprochée de l'horizon inférieur; à El Attaya j'ai trouvé deux de ces larves dans un îlot séparé du reste de la plage par un chenal couvert d'eau à marée basse.

Les galeries hébergent d'autre part deux Araignées très agiles, toujours trouvées à l'état immature, *Lycosa pilipes* Lucas et *Desidiopsis racovitzai* Fage; la première, de beaucoup la plus fréquente, se tient également dans les buissons de *Nitraria tridentata* de la crête littorale de sable grossier; l'adulte, d'une vélocité extrême, court sur le cordon de Cymodocées (Ouled Yanek, Kerkennah) ou de Posidonies (Rusguniæ, baie d'Alger).

Le *Nereis diversicolor* O. F. Müll. est extrêmement commun dans toute l'étendue de la plage et constitue également un élément caractéristique de ces associations animales; vers la limite inférieure de la plage, ses galeries voisinent avec celles du *Perinereis cultrifera* Grube et du *Terebella lapidaria* Köhler.

L'*Hydroschendyle submarina* Grube, Géophile très commun dans les lais de Posidonies, s'aventure fréquemment dans la plage de l'horizon moyen : je l'ai trouvé à Adjim dans un îlot de sable vaseux isolé. Le *Callianassa subterranea* Mont., si commun dans la vase sableuse de l'horizon inférieur, vit parfois dans celle plus ferme de l'horizon moyen (Bou Grara et îlot Djilli); le *Sphæroma serratum* Fabr. n'a été trouvé qu'une fois, à Adjim, associé au *Lycosa pilipes* et à une larve de Cicindèle.

2° *Facies des calcaires tendres :* Cattaya du Sud, El Attaya, îlot Chercheria du Bahiret-el-Biban.

Ces calcaires, sur lesquels on observe *Littorina neritoides* L. et *Chthamalus stellatus* Ranz., abritent dans leurs anfractuosités et cavités, des associations animales très riches dont les représentants sont, par ordre de fréquence : *Sphæroma serratum* Fabr., *Ovatella firmini* Payr., *Truncatella truncatula* Drap., *Lasæa rubra* Mtg. d'une abondance prodigieuse, *Littorina nervillei* Dautz. assez commune, *Mytilus minimus* Poli, *Alexia bidentata* Mtg., *Orchestia mediterranea* Costa, *O. montagui* Aud., *Hyale perieri* Lucas, *Gammarus marinus* Leach, *Allorchestes plumicornis* (Heller), *Chiton caprearum* Scacchi, *Actinia equina* L.

Quelques formes de l'horizon supérieur (cordons de Zostéracées) s'aventurent dans ces calcaires tendres, se mélangeant à la faune de cet horizon : *Pontodrilus littoralis* Grube, *Enchytræus* sp., *Littorina neritoides* (rare), *Trochocochlea tubiformis* V. Salis (jeune), larves d'*Orchrops seurati* Surcouf, *Gryllotalpa gryllotalpa* L. (Sloh-ech-Chergui), *Hydroschendyla submarina* (Grube). D'un autre côté, les calcaires tendres de l'îlot Cattaya du Sud abritent quelques animaux de l'horizon inférieur : *Carcinus mœnas* Pennant, *Pachygrapsus marmoratus* Fabr., *Blennius pavo* Risso qui restent à peu près à sec à marée basse; les calcaires de la plage de Chercheria, un des îlots qui ferment incomplètement l'entrée du Bahiret-el-Biban, abritent à côté des formes de l'horizon moyen quelques Gastropodes à l'état juvénile : *Gibbula umbilicaris* L., *Gibbula latior* Monts., *Phasianella speciosa*, *Pisania maculosa*, *Turricula* (*Pusiella*) *tricolor* Gmel.

CYTOLOGIE. — *Les linocytes du liquide cœlomique de* Glycera convoluta. Note de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. F. Mesnil.

Les éléments cellulaires que je désigne ainsi ont été signalés pour la première fois chez les Glycériens par Kollmann (¹) sous le nom de cellules énigmatiques du sang. Il les décrit de la façon suivante : « Elles sont très amiboïdes et très altérables ; dans le protoplasme se trouvent des sortes de capsules incomplètes, concentriques au noyau et fortement acidophiles. J'ignore ce que représentent ces singulières formations. Ce ne sont certainement pas des artifices de préparation, car on peut les observer sur le frais. Leur présence constante me paraît peu compatible avec l'hypothèse d'un organisme parasitaire. »

(¹) Max Kollmann, *Annales des Sciences naturelles* (*Zoologie*), t. 8, 1908, p. 1.

Ces éléments, extrêmement répandus dans le liquide cœlomique, sont à peu près aussi nombreux que les érythrocytes. Très déformables, ils n'émettent cependant pas de pseudopodes à proprement parler et ne pratiquent pas ordinairement la phagocytose. Dimensions : 20^{μ} à 30^{μ}. Leur originalité est de présenter dans leur cytoplasme abondant et clair une sorte de périnème volumineux, dont le caractère est très particulier. Cette production, visible sur le frais, ne souffre pas d'une fixation acétiquée; même l'emploi du Benda et du Regaud n'apporte, en ce qui la concerne, pas d'autres renseignements que ceux fournis par le Bouin. L'observation en est donc facile et l'on s'étonne que Goodrich (1898) n'en ait point parlé. Son aspect le plus simple est un anneau épais, lisse, faisant le tour du noyau, tout contre lui ou à une certaine distance dans le cytoplasme. Sur le frais, cet anneau peut paraître homogène, mais la fixation, même non acétiquée, y révèle une structure grossièrement fibrillaire qui donne l'impression d'une dissociation imminente. Or celle-ci se produit normalement à un moment donné, d'où les stades à plusieurs anneaux filamenteux qui chevauchent et s'entremêlent en dessinant des huit de chiffre. Plus tard ces cordons lisses s'accroissent beaucoup, surtout en longueur, et ils forment de nombreuses boucles régulières jusqu'à la périphérie de la cellule en simulant des fibres conjonctives dissociées dans un œdème. Eux-mêmes ont une structure fibrillaire, et des branches s'en détachent qui vont se perdre en s'amincissant de plus en plus dans le cytoplasme. On est alors en présence d'une sorte d'appareil réticulaire interne. Mais, comme on voit, en aucun cas ces formations n'apparaissent comme des capsules incomplètes et concentriques.

Les linocytes sont uniquement des leucocytes devenus considérables et fortement différenciés. La forme la plus jeune est un leucocyte, le plus souvent allongé, qui mesure de 10 à 15 microns et dont le cytoplasme renferme un semis de fines granulations sidérophiles tout à fait comparables à des mitochondries. Elles se disposent par la suite en traînées et s'accolent pour donner progressivement naissance à un filament, mince encore, parfaitement homogène, lisse et replié plusieurs fois sur lui-même; à la longueur près, ce filament a les allures des chondriocontes.

On voit mal tout d'abord le rôle que peut jouer cet énorme dispositif à l'intérieur des linocytes adultes. La première pensée serait de l'envisager en tant qu'appareil de soutien et d'en faire une sorte d'armature élastique rappelant un peu la strie bordante des érythrocytes de la Salamandre, laquelle strie possède aussi une structure fibrillaire. Sa signification réelle

me paraît être cependant très différente. En effet, dans des préparations, provenant d'animaux bien fixés au Benda et au Regaud, on peut étudier des formes de linocytes où l'appareil fibreux est en pleine désintégration granulaire. Les filaments les plus épais se fragmentent en un certain nombre de tronçons qui se brisent ensuite en produisant des grains de grosseur très variable; ceux-ci, à leur tour, se résolvent en granules pendant que les parties fines de l'appareil se pulvérisent.

Des stades, qui montrent côte à côte des grains déjà formés et les tronçons des cordons fibreux bien conservés, apportent la démonstration de cette curieuse linolyse. En somme, les linocytes les plus évolués et dont la taille est la plus grande, donnent naissance à une nouvelle catégorie d'éléments cellulaires; ce sont les leucocytes granulés de Kollmann à granulations amphophiles. On n'en voit jamais qui mesurent moins de 25 microns.

Ainsi les linocytes ne sont pas le terme de l'évolution d'une catégorie spéciale de leucocytes, mais une forme de passage évoluant lentement et qui se métamorphose en une autre d'apparence et de fonction complètement différentes. En ce qui concerne l'appareil fibreux, je crois que nous sommes là en présence d'un constituant comparable à un chondriome, formation transitoire en dépit de sa longue durée probable, sorte de phase figurée intercalée dans un processus secrétoire. On sait que les leucocytes, d'une façon générale, sont très riches en substances variées, particulièrement en nucléo-protéides. Peut-être l'appareil fibreux est-il la forme sous laquelle s'accumule l'une ou l'autre de ces dernières dans le cytoplasme?

Le terme de linocyte, ici employé, a été créé, en 1900, par le zoologiste Benham [1], pour caractériser un type de leucocyte vivant dans la cavité générale de quelques Acanthodrilides de la Nouvelle-Zélande. Dans un Mémoire trop peu connu, cet auteur décrit des formes leucocytaires qui sont à coup sûr étroitement apparentées à celles qui font l'objet de la présente Note. La plus grande partie de la cellule est occupée par « a coiled thread » épais qui montre de minces fibrilles concentriques. Les figures de Benham, provenant la plupart d'observations sur le frais, ne laissent aucun doute sur l'identité de cette formation avec celle que je viens de décrire. Tablant sur ce que j'ai vu chez *Glycera*, je crois pouvoir affirmer que les linocytes de *Octochœtus*, par exemple, se métamorphosent aussi en de grands leucocytes granulés; ce sont ici les lamprocytes, peut-être aussi les éléocytes.

---

(1) W.-Blaxland Benham, *Quart. J. of micr. Sc.*, vol. 44, 1901, p. 565.

En résumé, il existe dans le liquide cœlomique de *Glycera*, polychète marin, des linocytes étroitement comparables à ceux des vers de terre de la Nouvelle-Zélande. Ces éléments renferment un appareil filamenteux en anneau ou d'aspect réticulaire, mais qui ne forme jamais que des capsules incomplètes autour du noyau. C'est une sorte de constituant protoplasmique rappelant assez bien le chondriome, mais sans pouvoir être homologué avec ce dernier. Il se détruit dans le linocyte adulte en produisant de nombreuses granulations, ce qui fait que le linocyte se transforme en une autre espèce, le leucocyte granulé à granulations amphophiles.

MICROBIOLOGIE. — *Sur le pouvoir antiseptique du bichromate de potasse et du bichromate de cuivre*. Note (¹) de MM. **A. Sartory** et **R. Sartory**, présentée par M. Guignard.

Il y a un an, Chavastelon (²) publia une Note sur un procédé de conservation du bois à l'aide du bichromate de cuivre. Il emploie ce sel pour empêcher l'invasion du bois par les moisissures et obtient des résultats intéressants.

Nous avons donc été amenés tout naturellement à rechercher le rôle antiseptique du sel de cuivre sur des cultures mycéliennes.

Nous avons d'abord comparé les pouvoirs antiseptiques du bichromate de potasse et du bichromate de cuivre vis-à-vis de diverses espèces cryptogamiques telles que : *Penicillium glaucum*, *Mucor racemosus*, *Rhizopus niger*, *Phycomyces splendens*, *Sterigmatocystis nigra*.

Dans des matras de 100^{cm^3}, nous avons réparti 50^{cm^3} de bouillon ordinaire glucosé; tous les matras ont été stérilisés à l'autoclave à la température de 120° pendant 20 minutes.

Pour chaque espèce cryptogamique étudiée, ainsi que pour chaque antiseptique employé, nous avons fait usage de six matras.

Le premier servant de témoin ne renfermait que du bouillon glucosé; dans chacun des cinq autres, nous avons réparti des quantités d'antiseptique différents suivant un ordre croissant, correspondant par litre de bouillon aux quantités suivantes : $0^{cg},10$; $0^{cg},20$; $0^{cg},50$, 1^{g}, 2^{g}.

(¹) Séance du 31 mars 1924.

(²) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1178.

Puis, pour chacune des séries, nous avons ensemencé dans ces matras le même organisme; nous avons ensuite observé son développement.

Les résultats obtenus sont exposés dans les tableaux suivants :

Penicillium glaucum.

Témoin : croissance normale.

Quantités.	Bichr. de K.	Bichr. de Cu.
0,10	croissance normale	croissance normale
0,20	id.	id.
0,50	id.	croissance faible
1	croissance faible	croissance très faible
2	id.	pas de développement

Mucor racemosus.

Témoin : croissance normale.

Quantités.	Bichr. de K.	Bichr. de Cu.
0,10	croissance normale	croissance normale
0,20	id.	croissance faible
0,50	croissance faible	croissance très faible
1	id.	pas de développement
2	pas de développement	pas de développement

Rhizopus niger.

Témoin : croissance normale.

Quantités.	Bichr. de K.	Bichr. de Cu.
0,10	croissance normale	croissance normale
0,20	id.	id.
0,50	id.	croissance faible
1	id.	pas de développement
2	pas de développement	pas de développement

Phycomyces splendens.

Témoin : croissance normale.

Quantités.	Bichr. de K.	Bichr. de Cu.
0,10	croissance normale	croissance très faible
0,20	id.	id.
0,50	id.	pas de développement
1	croissance faible	id.
2	pas de développement	id.

Sterigmatocystis nigra.
Témoin : Bon développement.

Quantités.	Bichr. de K.	Bichr. de Cu.
0,10	croissance normale	croissance normale
0,20	id.	croissance faible
0,50	croissance faible	croissance très faible
1	id.	pas de développement
2	pas de développement	pas de développement

Pour une concentration de 1^g *de bichromate de potassium par litre*, il y a encore croissance du *Sterigmatocystis nigra*; avec une dose *de* 1^g *de bichromate de cuivre par litre*, il n'y a plus de développement.

Ces faits sont analogues pour les autres organismes expérimentés : le bichromate de cuivre paraît jouer un rôle sensiblement plus toxique que le bichromate de potassium vis-à-vis des espèces envisagées.

Nous avons étudié la modification morphologique du *Mucor racemosus* sous l'influence de concentrations diverses en bichromate de potassium ou en bichromate de cuivre. L'examen de la culture témoin montre des filaments enchevêtrés d'une épaisseur de 6^μ à 7^μ.

Pour une concentration de bichromate de potasse de $0^{cg},20$ par litre, la culture présente à peu de chose près l'aspect de la culture témoin : filaments mycéliens dont l'épaisseur varie de 5^μ à $7^\mu,50$, quelques rares renflements mesurant 10^μ à $12^\mu,50$.

Une modification beaucoup plus profonde atteint les cultures effectuées en présence de 1^g de bichromate de potassium par litre; les filaments semblent diminuer d'épaisseur, ils ne mesurent plus que $3^\mu,75$ à 5^μ. Les renflements sont beaucoup plus nombreux, ils atteignent $10^\mu,50$ à $15^\mu,50$ et même 15^μ. *L'examen microscopique* des cultures dans les milieux où l'on a substitué le bichromate de cuivre au bichromate de potassium a donné les résultats suivants : les organismes se développant sur bouillon additionné de $0^{cg},20$ de bichromate de cuivre par litre présentent à très peu près l'aspect de ceux que l'on fait croître sur bouillon additionné de la même quantité de bichromate de potassium.

Pour une teneur de bichromate de cuivre de $0^{cg},50$ par litre, on voit à l'examen microscopique des filaments assez grêles dont l'épaisseur varie de $6^\mu,25$ à $7^\mu,50$. De nombreux cloisonnements se forment; de plus, les renflements sont nombreux, leur épaisseur atteint jusqu'à 37^μ.

Nos conclusions sont les suivantes :

1° Le bichromate de cuivre exerce vis-à-vis des champignons inférieurs étudiés un pouvoir toxique plus fort que le bichromate de potassium.

2° Les modifications de structure constatées dans les cultures en présence de bichromate de cuivre sont beaucoup plus profondes que celles observées en présence de l'autre sel.

MÉDECINE. — *Du traitement des trajets fistuleux par les rayons ultraviolets.* Note de MM. **Maxime Ménard** et **Foubert**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous nous proposons dans cette Note de rapporter l'observation d'un certain nombre de malades porteurs de fistules et traités par les rayons ultraviolets. Nous ne tenons pas compte pour l'instant de la cause ou des causes ayant pu produire la fistule, pas plus d'ailleurs que nous ne nous préoccupons de l'origine de ces fistules, consécutives soit à une cause osseuse ou à la suppuration d'un ganglion ou encore à la cicatrisation défecteuse des tissus à la suite d'une intervention chirurgicale.

Observation I. — Mme T..., 30 ans. Fistule anale datant de 2 ans et traitée chirurgicalement pendant 2 ans.

Le traitement par les rayons ultraviolets, commencé en octobre 1923, est terminé en mars 1924 avec cicatrisation du trajet. Durée totale de l'exposition aux rayons ultraviolets : 4 heures.

Observation II. — Fistule thoracique consécutive à une résection costale faite il y a deux ans. Guérison en 3 mois. Durée totale de l'exposition aux rayons ultraviolets : 3 heures 50 minutes.

Observation III. — Adénite cervicale chez un homme de 23 ans dont la suppuration date de deux ans. Depuis un an, un trajet fistuleux est établi. Guérison en 16 séances. Durée de l'exposition aux rayons ultraviolets : 3 heures.

Observation IV. — Homme de 50 ans, ayant eu il y a un mois un abcès de la marge de l'anus avec fistule consécutive. Traité dans le service du Dr Launay qui nous l'adresse pour le traitement de la fistule. Guérison en 12 séances dont la durée totale est de 1 heure 15 minutes.

Observation V. — Dame de 30 ans, ayant eu il y a trois mois une adénite cervicale, opérée chirurgicalement. Fistule depuis deux mois, guérie par les rayons ultraviolets après une exposition dont la durée totale est de 5 heures 30 minutes.

Observation VI. — Homme de 52 ans, accidenté du travail, ayant subi l'amputation des deux phalanges d'un doigt, suivie d'une fistule datant de deux mois. Guérison en 9 séances représentant une irradiation totale de 1 heure 10 minutes.

Observation VII. — Mlle E..., 20 ans. Nombreuses fistules siégeant : trois à la

nuque, deux sur le dos, une à la face antérieure et trois à la face postérieure de la cuisse droite. Malade atteinte d'un Mal de Pott, pour lequel elle fit un séjour à Berck suivi d'amélioration. 55 séances ont été faites représentant une irradiation totale de 9 heures suivie d'une diminution marquée de la suppuration, arrêt même en certains points, mais il ne s'agit en aucune façon de guérison.

Observation VIII. — Homme de 38 ans, atteint d'une fistule survenue à la suite d'un abcès de la région thyroïdienne dans le pus duquel la présence du bacille de Koch fut constatée. Pas de bacilles dans les crachats. Opéré en mars 1923, avec drainage consécutif. Le drain enlevé, une fistule s'organise et le malade commence le traitement aux rayons ultraviolets en juin 1923. Quarante-six séances sont faites et représentent une irradiation totale de 9 heures 30 minutes. Guérison complète.

Observation IX. — Fistule inguinale chez un homme de 60 ans, opéré d'une orchite tuberculeuse il y a un an et demi. La guérison se maintient depuis janvier dernier, le traitement ayant nécessité 28 séances d'une durée totale de 4 heures.

Observation X. — Femme de 36 ans, atteinte de ganglions axillaires depuis 10 mois avec fistules datant de 6 mois. Le traitement radiothérapique n'ayant provoqué qu'une amélioration, la malade est traitée par les rayons ultraviolets. La guérison définitive est obtenue en 40 séances représentant 6 heures d'exposition totale.

Observation XI. — Fistule anale datant de 3 mois et opérée par le docteur Launay depuis 2 mois. La malade est traitée par les rayons ultraviolets. 40 séances correspondant à 2 heures 20 minutes d'exposition.

Observation XII. — Femme de 40 ans ayant subi il y a deux ans et demi une opération grave de l'abdomen à la suite de laquelle persiste une fistule stercorale dont l'orifice abdominal est situé à 2^{cm} au-dessus de la symphyse pubienne. Une deuxième fistule s'ouvre dans la vessie. Les urines sont de temps en temps purulentes. L'écoulement du pus est intermittent; mais, pendant les périodes d'arrêt, la malade a des malaises généraux accompagnés de douleurs locales. Une intervention chirurgicale semble avoir peu de chance de guérir la malade.

Le traitement, commencé en mai 1923, deux ans après l'apparition des fistules, a amené la disparition totale du pus dans les urines en deux mois, c'est-à-dire au commencement de juillet (durée totale de l'exposition aux rayons ultraviolets : 2 heures 45). La fistule stercorale n'est pas tarie et la malade part à la campagne jusqu'en octobre. A son retour, reprise du traitement aux rayons ultraviolets; la fistule stercorale est définitivement tarie à partir du 15 décembre. La malade, revue ces jours-ci, déclare qu'elle n'a plus de pus dans les urines et que la fistule stercorale reste définitivement cicatrisée. La durée totale de l'exposition aux rayons ultraviolets pour la fistule stercorale a été de 4 heures 30 minutes.

Nous ne poursuivons pas davantage l'énumération des observations des malades porteurs de fistules traités soit à l'hôpital, soit en ville. Leur nombre s'élève au total à cinquante-quatre, parmi lesquels nous comptons cinq échecs; l'un d'entre eux est relaté ici même (Observation VII).

Nous ne pouvons pas actuellement interpréter convenablement le mode

d'action des rayons ultraviolets, nous nous en tenons donc aux résultats expérimentaux dont la valeur augmente en raison directe de leur nombre. Nous ferons remarquer que l'observation XII prouve qu'une fistule profonde peut être guérie tout en n'étant pas directement exposée aux rayons ultraviolets.

La séance est levée à 17 heures.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 10 mars 1924.)

Note de M. *André Charriou*, Sur la purification électrolytique des précipités :

Page 936, ligne 16, *au lieu de* corps soluble continu, à l'influence d'un courant électrique, *lire* corps soluble, à l'influence d'un courant électrique continu.

(Séance du 31 mars 1924.)

Note de M. *A.-C. Guillaume*, Recherches sur les fonctions des capillaires sanguins :

Page 1211, la dernière ligne doit être reportée en haut de la page.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de mars 1924.

Le Service météorologique de l'Afrique occidentale française en 1922, par Henry Hubert. Paris, Émile Larose, 1923; 1 vol. 32cm.

Nouvelles recherches sur les grains orageux et les pluies en Afrique occidentale, par Henry Hubert. Paris, Émile Larose, 1922; 1 vol. 32cm.

Résumé des observations météorologiques faites en Afrique occidentale française jusqu'au 31 *décembre* 1921 (Service météorologique de l'Afrique occidentale française). Paris, Émile Larose, 1923; 1 vol. 32cm.

Durées physiques indépendantes des dimensions spatiales, par Michel Pétrovitch. Zurich, Jean Frey S. A., et Paris, Albert Blanchard, 1924; 1 vol. 22cm,5.

Flore générale de l'Indo-Chine, publiée sous la direction de H. Lecomte. Tome III (fascicule III) : *Rubiacées*, par J. Pitard. Paris, Masson et Cie, 1924; 1 fasc. 25cm.

Réception des signaux horaires, renseignements météorologiques, sismologiques, etc., transmis par les postes de télégraphie sans fil de la Tour Eiffel, Lyon, Bordeaux, etc., publiés par le Bureau des Longitudes. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1924; 1 vol. 24cm.

Revue bretonne de botanique pure et appliquée, dirigée par Lucien Daniel. Rennes, Oberthür, 1918, 1919, 1920, 1921, 1922, 1923; 6 fasc. 25cm.

Mémoire sur le pendule et le balancier considérés comme régulateurs des instruments à mesurer le temps, par J. Wagner. Paris, Ch. Maréchal, 1867; 1 vol. 26cm,5. (Offert par M. G. Borrel, présenté par M. Bigourdan.)

Le florilège contemporain : Marcelin Berthelot (pages choisies). Paris, G. Grès et Cie, s. d.; 1 vol. 19cm.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 AVRIL 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de Pâques, la prochaine séance aura lieu le mardi 22 avril au lieu du lundi 21.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Ritchey**, de l'Observatoire du Mount Wilson, qui assiste à la séance.

Après le dépouillement de la correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Une bien triste nouvelle vient de nous parvenir : notre confrère le Prince **Bonaparte**, qu'une cruelle maladie tenait éloigné de nos séances depuis de longs mois, s'est éteint ce matin.

Avec lui disparaît, à l'âge de 65 ans, un de ceux que l'on peut considérer comme le type de nos académiciens libres; car ils sont, en quelque sorte, les successeurs des grands seigneurs qui furent membres honoraires de l'ancienne Académie des Sciences. Plus encore que beaucoup d'entre eux, le Prince a doublement servi la Science : par ses travaux personnels et par l'aide puissante de sa fortune.

Je rappellerai ses recherches variées d'Histoire naturelle : anthropologie, glaciologie, etc.; la géographie lui doit beaucoup aussi, et il avait été élu président de l'Union géographique internationale. Mais c'est avant tout la botanique qui eut sa préférence; il a rassemblé un herbier considérable de plantes de toutes les parties du monde et étudié spécialement les fougères, principalement celles de nos colonies : Indo-Chine, Madagascar, Nouvelle-Calédonie, Afrique occidentale et Afrique équatoriale.

Toutefois et surtout il restera par excellence le mécène éclairé qui a servi à la fois la Science et la gloire de la France.

Les arts ne le laissèrent pas indifférent, et tous nos confrères connaissent les œuvres qu'il avait réunies dans le magnifique et accueillant hôtel de l'avenue d'Iéna. Mais là, ce qui reflétait surtout l'amour de l'étude du maître, c'est la magnifique bibliothèque qu'il y avait établie, qu'il enrichissait sans cesse, et qu'il ouvrait généreusement aux travailleurs.

Il a subventionné bien des voyageurs, et leur a permis ainsi de rassembler de nombreux matériaux d'étude pour lui-même et pour notre Muséum d'Histoire naturelle.

Le Prince savait aussi que, plus que jamais, la voie des découvertes demeure subordonnée à la possession de ressources qui trop souvent font défaut aux chercheurs. Aussi avait-il, presque aussitôt après que l'Académie lui eut ouvert ses portes, comblé une lacune en créant le fonds Bonaparte, consacré spécialement, suivant son expression, *à la Science à faire* ; et il avait voulu associer l'Académie à cette œuvre, en la chargeant de choisir les travaux qui doivent en bénéficier.

Cette fondation est la plus connue de celles qu'il a faites, mais il a apporté l'appui le plus généreux à bien d'autres créations comme l'Observatoire du Mont Blanc, la Station zoologique de Banyuls, etc.

Parmi les témoignages d'intérêt qu'il a donnés à la Science, je tiens à rappeler spécialement celui par lequel il a rendu possible l'achèvement de la mesure de la méridienne de l'Équateur. Revendiquée par notre Académie comme un héritage de nos devanciers du XVIIIe siècle, cette entreprise, où l'avantage de la Science et l'honneur du Pays étaient engagés, allait être interrompue faute de moyens, après 4 ans d'efforts, lorsque le Prince offrit la somme considérable qui permit son achèvement.

Dans bien d'autres occasions, le plus souvent ignorées, le prince Bonaparte a tantôt corrigé les rigueurs du sort pour des savants malheureux, tantôt aidé à l'achèvement d'œuvres qui sans lui auraient été compromises. Aussi a-t-il ajouté un nouveau fleuron à un nom illustre entre les plus illustres.

J'offre, de votre part à tous, mes plus respectueuses condoléances à S. A. R. la Princesse Georges de Grèce, sa fille, et à tous les siens.

Je lève la séance en signe de deuil.

MÉCANIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Quelques applications nouvelles d'une méthode d'inscription des écarts ou torsions angulaires des arbres tournants.* Note de M. **André Blondel**.

La méthode que j'ai précédemment décrite (¹) pour l'étude des écarts de vitesse, périodiques ou non, et particulièrement pour les moteurs à explosion (²), comportait l'emploi d'un disque auxiliaire entraîné par un moteur indépendant et destiné à produire des éclats de lumière périodiques reçu par un second disque fixé sur le moteur. Quand la vitesse du moteur auxiliaire n'est pas exactement synchrone avec la vitesse moyenne de la machine étudiée, les courbes d'oscillation s'inscrivent autour d'une ligne droite plus ou moins oblique par rapport aux bords du film.

Lorsqu'on désire employer des films très étroits comme ceux des appareils cinématographiques, il paraît préférable de réaliser la synchronisation moyenne des disques au moyen du dispositif représenté en plan et en coupe par la figure 1, et qui contient d'autres perfectionnements. Sur l'arbre A_1 de la machine à étudier, on fixe un disque D_1 muni de fentes radiales étroites ($\frac{5}{10}$ à $\frac{8}{10}$ de millimètre), également espacées et d'autant plus rapprochées (écartement 15 à 20^{mm}) qu'on désire avoir pour la courbe un trait plus continu (³).

Le disque D_1 tourne au voisinage immédiat d'un écran E_1 placé en avant ou en arrière, et qui est muni d'un trou S' de $\frac{5}{10}$ à $\frac{8}{10}$ de millimètre de diamètre qui constitue la source lumineuse éclairant le système optique (⁴); à cet effet, on forme sur ce trou l'image d'une source lumineuse très puissante S, en particulier le cratère d'un arc électrique, au moyen d'une lentille sphérique ou condenseur dont les rayons peuvent être convenablement renvoyés par des miroirs ou prismes P_1 P_2 (⁵). Le faisceau conique sortant du trou S'

(¹) *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 329.

(²) *La Technique moderne*, t. **12**, 1920, p. 289 et 424.

(³) Le rapprochement des fentes est seulement limité par le risque d'avoir des courbes parallèles trop rapprochées, empiétant les unes sur les autres.

(⁴) Les fentes et trous de D_1 et E_1 doivent être ménagés dans des parois amincies chanfreinées pour éviter que les rayons obliques soient arrêtés par les bords des ouvertures.

(⁵) On peut se contenter d'un seul réflecteur P_2 en plaçant la lampe à arc sur un axe transversal par rapport à l'axe du moteur; on a représenté ici une double réflexion pour pouvoir placer la lampe à arc sur le même plateau P que le reste des appareils. Bien des variantes sont d'ailleurs possibles dans le groupement des appareils.

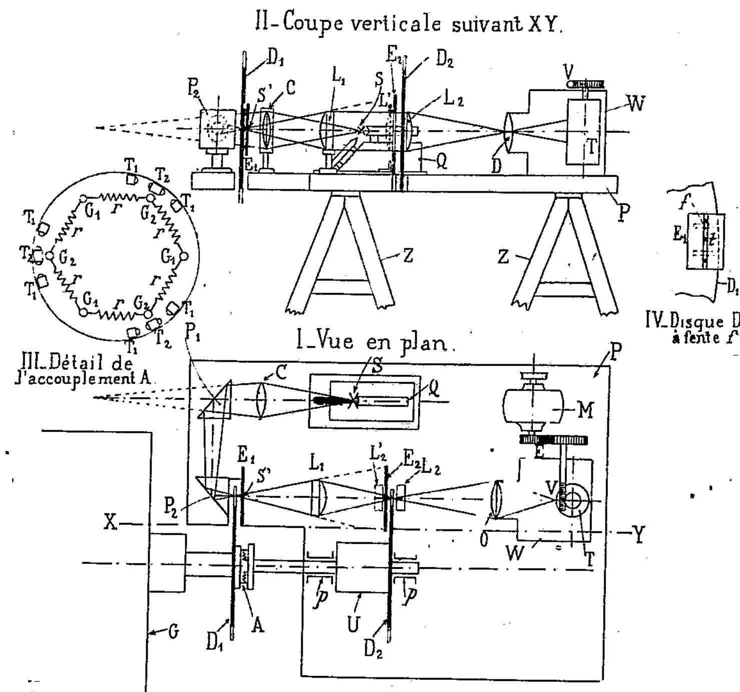


Fig. 1. — *Dispositif pour l'enregistrement des écarts de vitesse d'un arbre-moteur* (Schéma).

G, moteur étudié; D_1, disque à fentes radiales calé sur l'arbre du moteur; D_2, disque semblable calé sur l'arbre entraîné par l'accouplement élastique A; S, source de lumière (arc électrique); S′, source fictive formée par le trou percé dans l'écran E_1; E_1, écran percé d'un trou; E_2, écran à fente tangentielle; P_1, P_2, miroirs ou prismes à réflexion totale; C, condenseur, formant sur le disque D_1 l'image du cratère de l'arc; L_1, ensemble formé de deux lentilles plan-cylindriques accolées et à génératrices perpendiculaires, concentrant toute la lumière sur la fente F_2; L_2 ou L'_2, lentille cylindrique à génératrices horizontales concentrant les rayons de la fente sur l'objectif O; O, objectif de l'appareil cinématographique; T, tambour tournant recouvert du film; M, moteur entraînant le tambour enregistreur; P, plateau supportant l'appareil; A, accouplement élastique; W, chambre de l'appareil photographique; V, commande du tambour par vis sans fin; E, engrenage; U, masse formant volant; *p*, paliers de l'arbre auxiliaire portant le disque D_2; Q, lampe à arc; *t*, trou de repère indiquant le début de ch que tour; T_1, taquets limiteurs de course sur l'un des disques de l'embrayage; T_2, taquets fixés sur l'autre disque; G_1, goujons fixés sur un des disques; G_2, goujons fixés sur l'autre disque; *r*, ressorts tendus entre les goujons pour produire l'accouplement élastique.

est reçu par une lentille collimatrice L_1 qui a pour effet [1] d'éclairer toute la hauteur d'une fente fine transversale, ou tangentielle, ménagée dans un second écran E_2, à proximité duquel tourne le disque auxiliaire D_2; ce disque est monté sur un arbre indépendant, muni, s'il est nécessaire, d'un volant additionnel U tournant entre des paliers P et relié à l'arbre du moteur par un accouplement élastique A. Chaque éclat de lumière, produit par le passage d'une fente de D_1 devant le trou S', éclaire le petit orifice formé par la rencontre de la fente fixe de E_2 avec une des fentes radiales de D_2. Une lentille de champ L_2 ou L'_2, placée au voisinage de la fente de E_2, renvoie les rayons de celle-ci au centre de l'objectif O d'un appareil cinématographique V dont le tambour enregistreur T est convenablement entraîné par un petit moteur électrique M.

Le dispositif optique présente quelques particularités destinées à réaliser la concentration maxima de lumière qui est absolument nécessaire pour obtenir un temps de pose suffisant sur le film [2].

Considérons, par exemple, un disque D_2 tournant à la vitesse de 1500 tours par minute, 25 tours par seconde, et ayant 820^{mm} de diamètre; le trou de E_1 sera à 400^{mm} de l'axe de A_2. Si son diamètre et la largeur des fentes sont de $\frac{5}{10}$ de millimètre, la durée d'un éclat ne dépassera pas

$$\frac{2 \times 0,5}{2\pi \times 400 \times 25} = \text{environ } \frac{1}{63000} \text{ de seconde};$$

---

(1) En L_1 se trouvent en réalité combinées deux lentilles, une lentille antérieure collimatrice, qui donne le parallélisme aux rayons venant de S' et qui peut être une lentille sphérique ou cylindrique à génératrices parallèles au plan du tableau et une lentille postérieure cylindrique, dont les génératrices sont perpendiculaires au plan du tableau et qui a pour but de concentrer le faisceau parallèle en une bande étroite mais assez large pour bien éclairer la fente de E_2. Les deux lentilles peuvent être soit simplement accolées, soit concentrées en une seule formée de deux dioptres de courbure convenable; dans tous les cas la fente doit se trouver éclairée sur toute la longueur.

(2) Les dispositifs de mon appareil de 1920 comportaient déjà deux lentilles cylindriques, l'une de concentration, l'autre de champ, mais n'avaient pas de collimateur, par suite du faible parcours des rayons entre les disques D_1 et D_2; ce collimateur devient nécessaire quand on écarte notablement les disques D_1 et D_2, ce qui est surtout le cas de la figure 2. En outre, dans l'appareil de 1920, l'écran E_1 portait une fente, d'où résultaient des difficultés pour établir un parfait parallélisme entre la fente fixe et la fente mobile du disque D_1; ces difficultés sont avantageusement évitées ici en remplaçant la fente par un trou.

et pendant ce temps, l'intensité lumineuse qui passe par le trou croît de zéro jusqu'à son maximum et décroît de nouveau jusqu'à zéro; de sorte que la durée équivalente du plein éclairement s'abaisse aux environs de $\frac{1}{100000}$ de seconde.

La synchronisation de l'arbre A_2 avec A_1 doit être obtenue par un couplage élastique très lâche, de façon que la période d'oscillation propre du disque D_2 (muni au besoin d'un volant V) soit très lente par rapport à celle des variations d'écart angulaire à enregistrer.

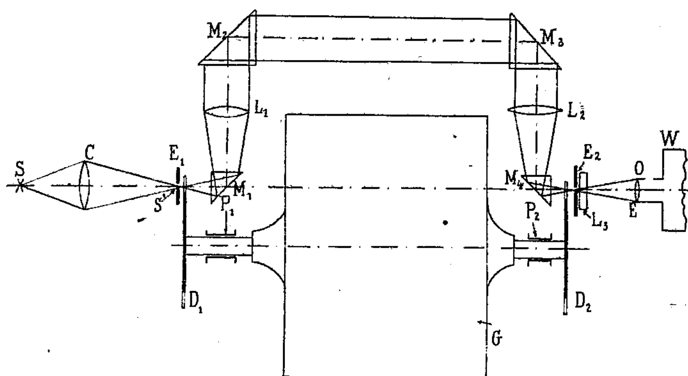


Fig. 2. — *Coupe axiale du dispositif pour l'enregistrement des écarts angulaires de torsion d'un arbre-moteur* (Schéma).

C, condenseur formant sur le disque D_1 l'image du cratère de l'arc; D_1, D_2, disques à fentes radiales calés sur les deux extrémités de l'arbre du moteur; E_1, écran à trou; E_2 écran à fente tangentielle; G, moteur étudié; L_1, lentille collimatrice; L_2, lentille cylindrique à génératrices perpendiculaires au plan de la figure; M_1, M_2, M_3, M_4, miroirs ou prismes à réflexion totale; O, objectif de l'appareil cinématographique W (non représenté); S, source de lumière (arc électrique); S', source fictive formée par un trou de l'écran E_1 et placée au foyer de L_1. — Les prismes et lentilles sont figurés à une échelle majorée.

L'accouplement élastique A est formé de deux plateaux portant chacun, à la manière ordinaire, des goujons G_1, G_2, sont reliés respectivement par des ressorts *r* qu'on choisira assez longs et assez faibles pour que la vitesse de D_2 soit pratiquement constante et égale à la vitesse moyenne de A_1 (1).

---

(1) Par exemple, s'il s'agit d'un moteur à explosion dont l'arbre reçoit *n* impulsions de manivelles par tour, la fréquence propre du disque D_2 devra être autant que possible inférieure à $\frac{n}{50}$.

La rupture des ressorts au moment de la mise en marche du moteur est évitée en munissant l'embrayage de taquets T_1, T_2, limitant l'écart angulaire entre les deux plateaux.

Les dispositifs optiques de la figure 1 peuvent être naturellement inversés, c'est-à-dire qu'on peut intervertir la source de lumière S avec le tambour enregistreur T. On peut, pour chaque cas particulier, d'après le schéma ci-dessus ou un schéma analogue, réaliser une installation de fortune; mais il est préférable de réaliser un montage permanent sur un plateau mobile, comme l'indique la figure 1.

L'appareil est complété par un dispositif figuré schématiquement sur le détail IV du second écran et du second disque; entre deux fentes radiales du disque, on intercale à une distance du centre égale à celle de la fente radiale de l'écran un petit trou qui laisse passer une fois par tour un petit pinceau lumineux auxiliaire marquant un point sur le film enregistreur; on obtient ainsi un contrôle à la fois de la vitesse par l'écartement entre les points successifs ainsi produits et de la régularité de la vitesse moyenne de rotation (1). Quand la période de balancement des couples est égale à un tour du moteur, le point de repère doit rester sur une droite; au contraire, il oscille alternativement dans un sens et dans l'autre si la période propre est égale à deux tours du moteur, comme c'est le cas, par exemple, des moteurs à six manivelles suivant le cycle de Beau de Rochas.

MAGNÉTISME. — *Sur le phénomène magnétocalorique et la chaleur spécifique du nickel.* Note (2) de MM. **Pierre Weiss** et **R. Forrer.**

Le phénomène magnétocalorique est le dégagement de chaleur réversible qui accompagne l'aimantation (3). Nous le considérerons en fonction du

(1) Cf. *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 329 et *Technique moderne*, *loc. cit.* Il est à noter que dans mon ancien appareil la disposition optique peut être améliorée également en remplaçant dans l'écran éclairé par la lampe à arc la fente par un petit trou, et remplaçant la lentille cylindrique de concentration L par une lentille bi-cylindrique comme ci-dessus, ou une combinaison de collimateur avec une lentille cylindrique; cet ancien appareil se prête à l'enregistrement des grandes variations, de vitesse comme j'en ai donné des exemples, mais il est beaucoup moins commode pour la mesure des faibles écarts angulaires périodiques que celui décrit aujourd'hui.

(2) Séance du 7 avril 1924.

(3) Une publication plus détaillée sera faite dans un autre Recueil.

champ magnétique qui le produit, réservant pour une prochaine Note son étude en fonction de l'intensité d'aimantation.

Calcul par la thermodynamique. — L'élévation de température ΔT en fonction de la variation du champ ΔH est donnée par l'analogue magnétique de la formule de Clapeyron :

$$C_H \Delta T = T \frac{\partial \sigma}{\partial T} \Delta H,$$

où C_H est la chaleur spécifique à champ constant et σ l'aimantation spécifique.

Expériences. — De 20° à 277°,5 l'élévation de température (*fig.* 1) est sensiblement proportionnelle au champ. Cela tient à ce que, dans ces limites, les coefficients de ΔT et de ΔH de l'équation ci-dessus sont sensiblement indépendants du champ ou, en d'autres termes, à ce que le champ extérieur peut être considéré comme un infiniment petit par rapport au champ moléculaire.

De 277°,5 au Point de Curie, situé à 357° (*fig.* 2), les courbes sont concaves du côté de l'axe des champs. C'est l'effet de la diminution de $\frac{\partial \sigma}{\partial T}$ quand H augmente.

Les droites et les courbes ne passent pas par l'origine. En effet, le phénomène est déterminé par le champ à l'intérieur de la substance qui est égal au champ extérieur porté dans la figure diminué du champ démagnétisant provenant de la forme à peu près sphérique de l'échantillon.

Dans la figure 3 on a représenté en bas le phénomène magnétocalorique en fonction de la température pour certaines valeurs fixes du champ. On voit qu'il n'est très important que dans le voisinage du Point de Curie où il a un maximum très accentué. Pour 17775^g il a atteint 1°,25. La décroissance est plus rapide du côté des températures croissantes que du côté des températures décroissantes. A la température ordinaire il n'est plus que de 0°,03.

Vérification de la formule thermodynamique. — Nous calculons par la formule ci-dessus la chaleur spécifique C_H à partir du phénomène observé et de la donnée purement magnétique $\frac{\partial \sigma}{\partial T}$, pour les températures de 20° au Point de Curie. Pour quelques températures au-dessus de ce point nous faisons un calcul équivalent par une formule adaptée aux propriétés paramagnétiques de la substance dans cette région. La courbe ABCD (*fig.* 3) donne les chaleurs spécifiques ainsi calculées, la courbe A'B'C'D' les

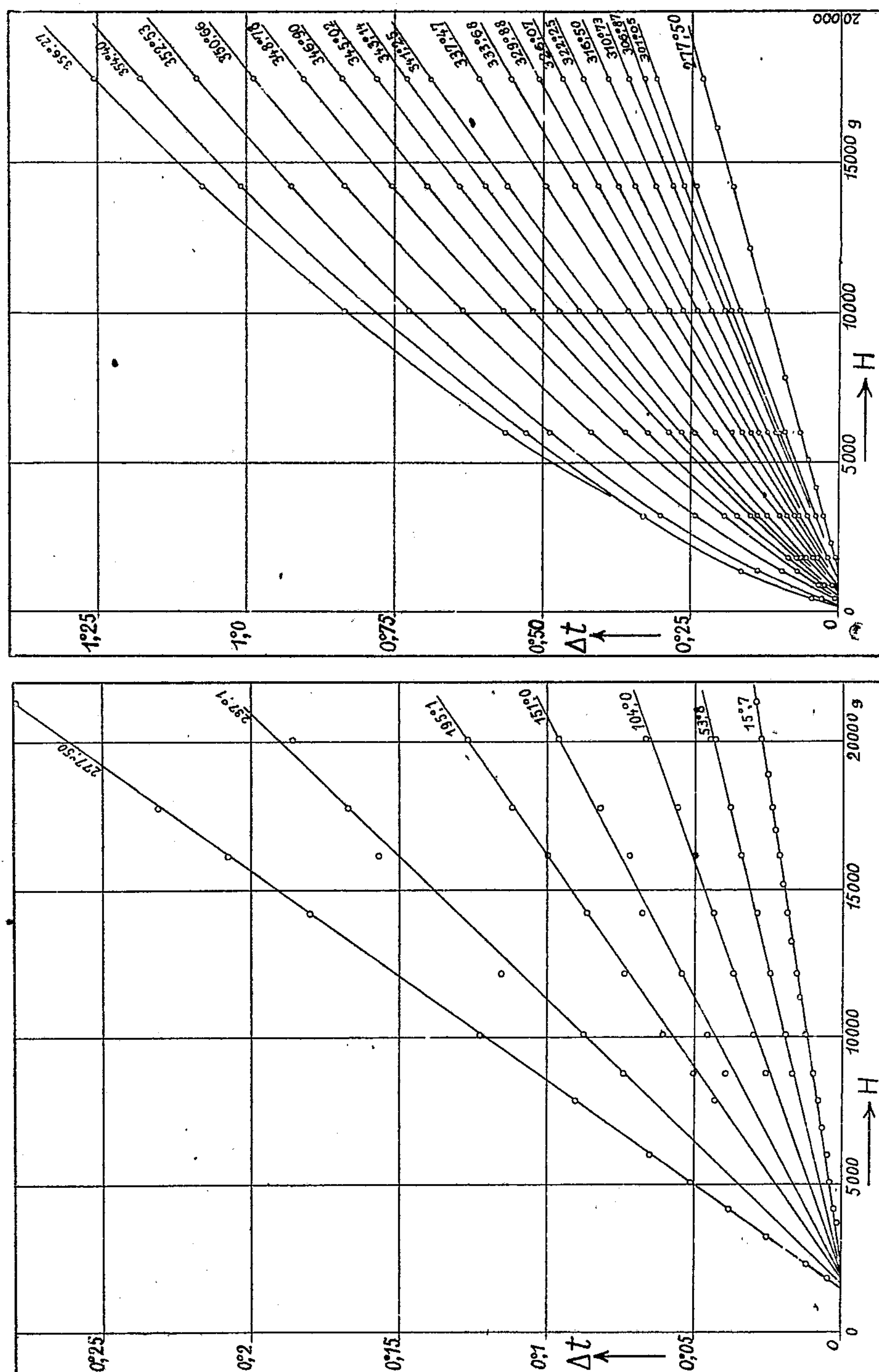


Fig. 1 et 2. — Phénomène magnétocalorique du nickel en fonction du champ à diverses températures.

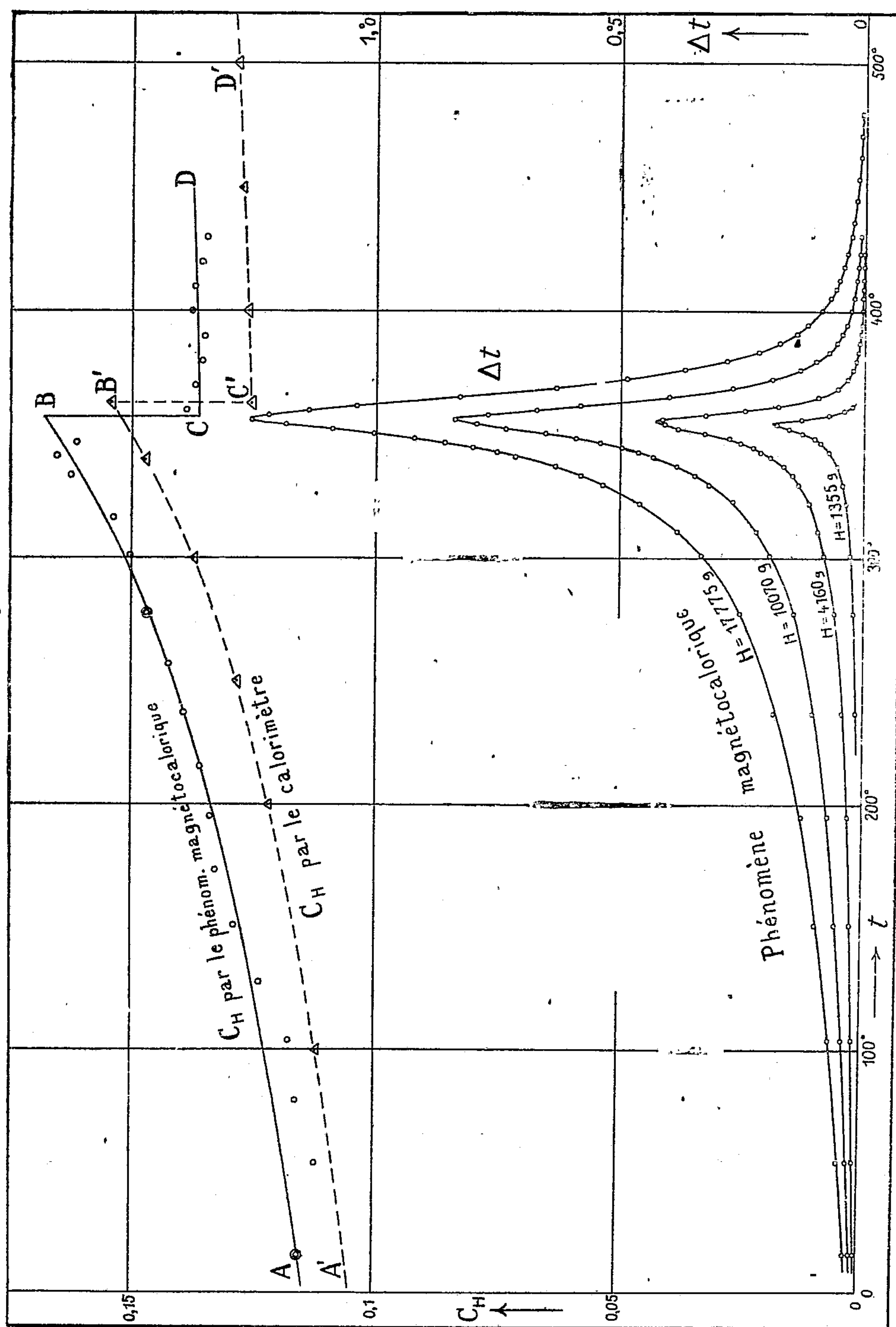


Fig. 3. — Chaleurs spécifiques. Phénomène magnétocalorique en fonction de la température.

chaleurs spécifiques vraies observées au moyen du calorimètre ([1]). On remarque le parallélisme complet des deux courbes. Le décalage de 10 pour 100 provient de ce que dans la mesure magnétocalorique la capacité est augmentée de celle de la partie du couple en contact avec la substance. La détermination magnétocalorique reproduit toutes les particularités de la courbe calorimétrique : l'augmentation de C_H de 20° au Point de Curie, la discontinuité caractéristique en ce point et au-dessus la constance approximative.

GÉOLOGIE. — *Le volcan et le cratère-lac d'Issarlès (Ardèche). Leurs rapports avec la terrasse alluvio-glaciaire de la Loire et de la Veyradeyre.* Note de M. **Ph. Glangeaud**.

Le lac d'Issarlès (Ardèche), situé à 14^{km} au sud du Mézenc, occupe la coupe cratérique la plus considérable et la plus profonde du Massif Central (108^m). L'attention a été de nouveau attirée sur ce lac par certains hydrauliciens qui voudraient l'utiliser comme réservoir de houille blanche en y déversant la Loire, après en avoir surélevé les bords. C'est ce qui m'a fourni l'occasion de l'étudier en détail. Ce lac a donné lieu à des travaux de MM. Termier ([2]), Boule ([3]) et Delebecque ([4]) qui en ont dressé la carte géologique et topographique. Sa surface est à l'altitude de 997^m et son fond est plus bas que le niveau de la Loire avoisinante. Il a une forme tronconique régulière et il est complètement creusé dans le granite gneissique, grenatifère par places. Sa bordure extérieure est, par contre, irrégulière, dissymétrique et en partie volcanique. La rive orientale granitique, très escarpée, est culminée de plus de 300^m, par le volcan pliocène de Cherchemus, tandis que la rive occidentale comprend un bourrelet formé par des projections volcaniques et que le granite n'apparaît plus en surface de ce côté, ses affleurements étant un peu au-dessous du niveau du lac. Un examen plus détaillé permet d'observer que l'abrupt granitique ne constitue qu'un tiers environ de la bordure, qu'il est suivi au Nord et au Sud de deux segments granitiques formant, par un brusque ressaut, un *échelon*, couvert partiellement de projections volcaniques et élevé

([1]) P. Weiss, Piccard et Carrard, *Arch. d. Sc. phys. et nat.*, t. 43, 1917, p. 113.
([2]) P. Termier, *Feuille géologique du Puy* au 80000e.
([3]) M. Boule, *La Haute-Loire et le Vivarais* (*Guide du touriste, du naturaliste et de l'archéologue*, 1911, p. 308).
([4]) A. Delebecque, *Les lacs français*, Paris, 1898, p. 405.

de 10^m à 20^m seulement au-dessus du lac, tandis que le reste du pourtour est exclusivement volcanique en surface. Une coulée de basalte, qui recouvre une partie du compartiment granitique sud et dont le front surplombe la vallée de la Loire, complète le cadre du lac.

La distribution du granite paraît bien être en relation avec une structure et une tectonique spéciales. Le lac est, en effet, creusé dans trois compartiments granitiques disposés en échelons, limités par des failles NNE, se prolongeant en amont dans la vallée de la Veyradeyre. Le jeu de ces failles, élargies sous forme de fentes éruptives, dut, très vraisemblablement, provoquer et faciliter les éruptions volcaniques qui donnèrent peu à peu naissance à la cavité cratérique.

Cette tectonique permet d'expliquer également la répartition différente, sur les compartiments granitiques, des projections volcaniques dont l'épaisseur est actuellement de 45^m à l'Ouest, mais dont la puissance a dû atteindre au moins 100^m de haut, ce qui donnait au cratère primitif une profondeur de plus de 200^m.

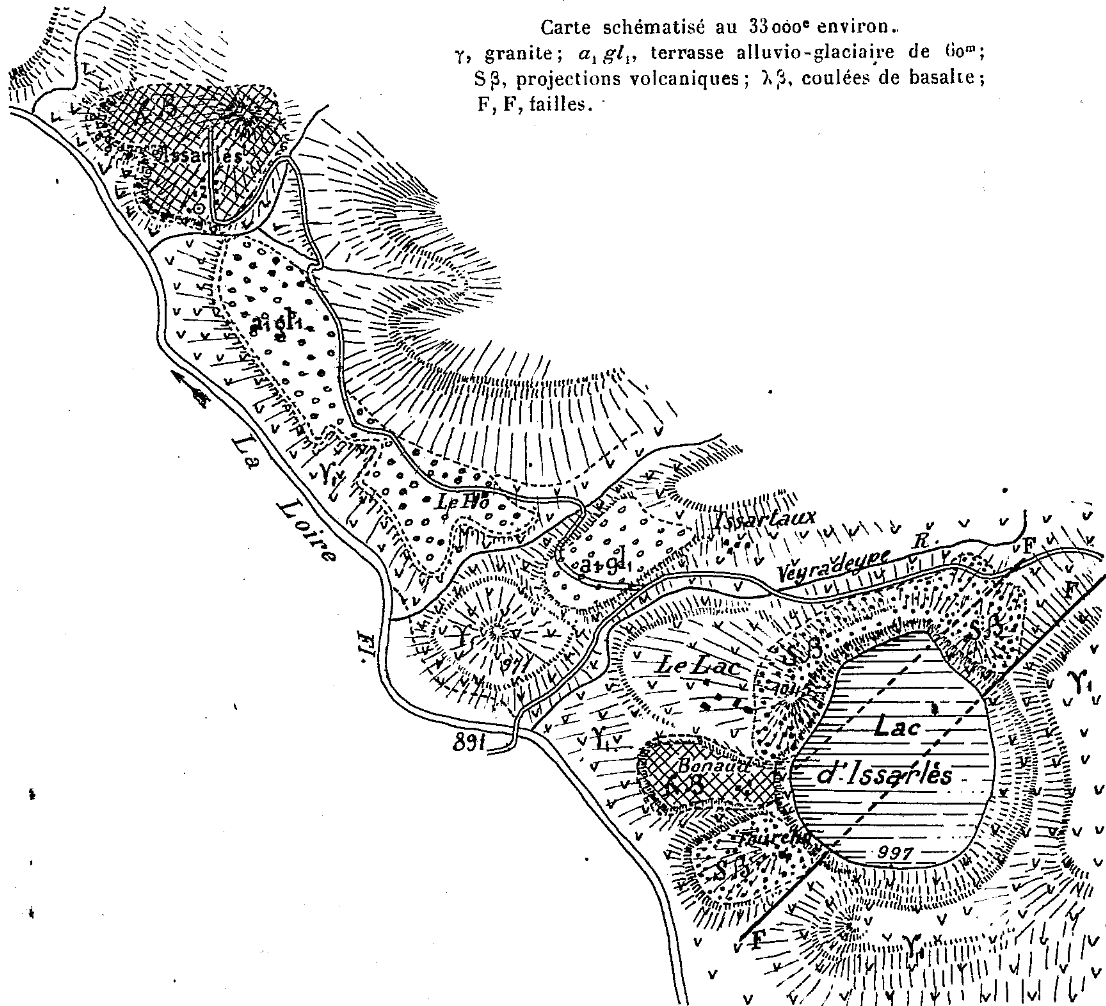
Les projections comprennent des lits alternatifs de cinérites et de pouzzolanes, ainsi que des couches de scories basaltiques de taille variable, mélangés à des grains de quartz, à des cristaux de feldspath, à des fragments du substratum granitique rubéfiés ou vitrifiés à la surface, pouvant atteindre un volume d'un demi-mètre cube. L'ensemble permet de penser que le cratère fut creusé assez régulièrement par des *explosions surtout stromboliennes*, suivies de pluies de cendres et de pouzzolanes.

La lave s'éleva au moins momentanément dans le cratère à 12^m, *au-dessus* du niveau actuel du lac, ainsi que le prouve la coulée de basalte qui s'étend au Sud-Ouest sous le village de Bonnaud, coulée dont l'origine est à 12^m de la nappe lacustre. L'émission de cette coulée fut suivie de projections qui la recouvrirent en partie et l'activité éruptive, contrairement à ce qui eut lieu au cratère Pavin, dans les Monts Dore, se termina tranquillement par la descente de la lave jusqu'à 200^m environ au-dessous du rebord cratérique où elle se solidifia. Peut-être y eut-il cependant effondrement partiel. La coupe cratérique granitique pouvait désormais être remplie par l'eau pluviale, mais surtout par des sources issues du versant oriental, véritable réservoir aquifère qui, presque toutes, *sont devenues sous-lacustres*.

L'écoulement des eaux a lieu par un émissaire artificiel, mais principalement par une série de *sources* s'échelonnant sur la rive gauche de la Veyradeyre, où elles émergent à la limite du compartiment granitique imperméable et des tufs volcaniques perméables.

Quel est l'âge de ce volcan? Sa coulée est marquée judicieusement β^2

sur la carte géologique, et elle est suspendue d'environ 60^m au-dessus de la vallée de la Loire. On peut préciser son âge. En effet, la rive droite de la Veyradeyre présente, un peu au delà d'Issertaux, vers le Plo, une belle nappe alluviale avec éléments caillouteux de taille variable constitués par



Carte schématisé au 33000e environ.
γ, granite; $a_1 gl_1$, terrasse alluvio-glaciaire de 60^m; $S\beta$, projections volcaniques; $\lambda\beta$, coulées de basalte; F, F, failles.

des gâlets de granite, de trachyte, de plonolite et de basalte provenant de la région du Mézenc et du Béage. Cette *terrasse*, de 5 à 8^m d'épaisseur, se continue sur la rive droite de la Loire, sur plus de 4^{km}, vers le Pin et jusqu'au bourg d'Issarlès en offrant des caractères alluvio-glaciaires.

Les méplats, les buttes moutonnées, les cirques secondaires que j'ai

observés en amont, ne me paraissent pas faire de doute que la haute vallée de la Veyradeyre ainsi que ses affluents, culminés par *des collines de 1400 à 1600^{m} d'altitude*, aient été occupés par un *glacier synthétique* dont les eaux de fusion ont formé *la terrasse du Plo-Issarlès*. Or cette terrasse est *recouverte, par places*, par des cendres volcaniques projetées par le cratère du lac d'Issarlès.

Les éruptions de ce volcan sont donc un peu postérieures à la formation de la terrasse qui surplombe directement la vallée de la Loire d'environ 60^{m} et qui, comparativement, me paraît d'âge Rissien. Il en est de même de plusieurs autres coulées situées, en aval, le long de la vallée de la Loire étudiées par M. Boule. La terrasse est dominée, à son tour, par *deux séries de paliers*, que l'on peut suivre sur les bords de la Loire et de la Veyradeyre, paliers de 90^{m} et de 110-120^{m} correspondant à des cycles d'érosion plus anciens sur lesquels je reviendrai.

Le bourg d'Issarlès ([1]), situé à 4^{km} au nord-ouest du lac du même nom, est bâti sur une épaisse coulée de basalte *recouvrant la terrasse de* 60^{m}. Cette coulée provient d'une cheminée figurée actuellement par un culot cratérique, en forme de piton. Elle est donc du même âge que le cratère du lac d'Issarlès. Aussi l'a-t-on marquée β^2 sur la feuille du Puy.

Notons que la Veyradeyre, dans sa portion aval Issertaux-Le Plo, fut capturée, après le Rissien, par un court affluent agressif de la Loire qui la détourna au sud de la butte granitique 971.

En terminant, il me paraît intéressant de constater combien la *dernière éruption* d'un volcan à cratère peut influer, plus tard, sur la forme du relief de l'édifice volcanique.

Les deux volcans : du bourg d'Issarlès et du cratère-lac d'Issarlès édifiés à la même époque, tous les deux basaltiques, ayant fonctionné vraisemblablement de façon identique, offrent, actuellement, des reliefs très différents, car ils se présentent à l'inverse l'un de l'autre. Cette différence est due principalement à ce simple fait que : dans le premier, à la *fin de la dernière éruption*, la lave *s'éleva très haut* dans le cratère, qu'elle moula en s'y solidifiant, tandis que dans le second, elle *descendit très bas*. L'érosion agissant sur ces deux appareils, *semblables extérieurement*, enleva rapidement à Issarlès la gaine de scories enveloppant le culot basaltique qui apparut en

---

([1]) A cause d'une répétition de noms il est utile de distinguer ici le volcan du bourg d'Issarlès, de la localité du *Lac* (d'Issarlès), village touristique, situé près du *cratère-lac* d'Issarlès.

relief et prit progressivement la forme d'un *piton*, relié à la dernière coulée, tandis qu'au lac, la coulée resta suspendue au-dessus de l'ancien cratère qui fut complètement rempli par l'eau dans sa partie granitique, étanche, tandis que la nappe lacustre était dominée par le cône de projections, partiellement conservé.

M. DE SPARRE fait hommage à l'Académie de la troisième partie de son Mémoire sur *les turbines centrifuges et centripètes à réaction* :

Le Mémoire dont j'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie a pour but de compléter et de développer, au sujet des tubes d'aspiration, les considérations dont j'ai exposé le principe dans ma Communication du 3 avril 1923, en tenant en particulier compte de la perte de charge dans le tube d'aspiration.

Cette étude est divisée en deux parties : dans la première j'étudie le cas de tubes d'aspiration non munis de cloison et, dans la seconde, celui où ils en sont munis.

Pour les tubes d'aspiration non munis de cloisons, je détermine d'abord les conditions du rendement maximum, dans le cas du travail à pleine charge, soit pour une turbine dont la vitesse relative est donnée, soit lorsqu'on détermine en même temps la vitesse relative la plus avantageuse. Je donne ensuite pour une turbine donnée ce que devient son rendement, pour une charge quelconque, lorsqu'on lui adjoint un tube d'aspiration.

Je montre, sur des exemples, que c'est surtout pour les turbines rapides que l'adjonction d'un tube d'aspiration donne, sur le rendement, un gain important. Je fais voir de plus que, si les conditions d'établissement de la turbine, si l'on veut obtenir le rendement maximum, dépendent, dans une certaine mesure, du tube d'aspiration qui doit lui être adjoint, on peut cependant, en pratique, établir la turbine sans tenir compte du tube d'aspiration et que ce que l'on perd, en agissant ainsi sur le rendement, est en définitive peu de chose.

L'adjonction d'un tube d'aspiration permet de récupérer surtout, ainsi que je le dis plus haut, pour les turbines rapides, une partie importante de la vitesse restante à la sortie de la turbine, dans le cas du travail à pleine charge. Il n'en est, par contre, plus de même dans le cas du travail sous charge réduite, tout au moins si le tube d'aspiration n'est pas muni de cloisons, parce que dans ce cas son effet ne se fait guère sentir que sur la composante de la vitesse restante parallèle à l'axe du tube. C'est pour cette

raison qu'il y a intérêt à munir le tube d'aspiration de cloisons convenablement disposées, ainsi que je l'avais déjà indiqué dans ma Communication du 3 avril 1923.

Dans la seconde partie du Mémoire, je reprends d'une façon complète cette question des tubes d'aspiration munis de cloisons.

Je donne les conditions à remplir pour rendre le rendement maximum, soit pour le travail à pleine charge, soit sous une charge quelconque donnée, et je montre sur un exemple que c'est seulement pour les turbines rapides que le cloisonnement du tube d'aspiration peut être avantageux.

Je montre ensuite comment on peut, pour une turbine en fonction, faire en sorte, par un cloisonnement convenablement établi, non seulement que son rendement soit augmenté, mais que le maximum de ce rendement se produise pour une charge donnée, choisie arbitrairement, et que, de plus, ce rendement varie dans des limites très restreintes lorsque la charge varie dans de larges limites.

CORRESPONDANCE.

M. **Serge Winogradsky**, élu Associé étranger, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **Jean Mascart** adresse un Rapport sur l'emploi qui a été fait de la subvention accordée à l'Observatoire de Lyon en 1922, sur la *Fondation Loutreuil*.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la méthode des moindres carrés.* Note (¹) de M. J. Haag, présentée par M. Emile Borel.

1. Soit un point M $(y_1, y_2, \ldots, y_m)$ de l'espace à m dimensions, obéissant à la loi de probabilité $f(y_1, y_2, \ldots, y_m)dy_1 dy_2 \ldots dy_m$. Supposons *qu'on sache* qu'il se trouve sur la multiplicité S définie par les équations paramétriques

$$y_i = g_i(x_1, x_2, \ldots, x_n) \quad (i = 1, 2, \ldots, m;\ n < m). \tag{1}$$

(¹) Séance du 31 mars 1924.

Quelle est la probabilité *a posteriori* pour que M se trouve dans l'élément $dS = dx_1 dx_2 \ldots dx_n$?

On ne peut appliquer directement la règle de Bayes, car *la probabilité a priori* pour que M soit dans dS *est nulle*.

Aux variables x_j adjoignons les variables $z_k (k = 1, 2, \ldots, p = m - n)$ et imaginons m fonctions $y_i = h_i(x_j, z_k)$, qui se réduisent aux g_i quand les z_k sont nuls. Considérons la région R définie par $0 \leqq z_k \leqq \varepsilon_k$ et la portion dR de cette région définie par la condition que $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ soit dans dS. Sachant que M est dans R, la probabilité *a posteriori* pour qu'il soit dans dR est calculable par la règle de Bayes.

Supposons maintenant que les ε_k tendent vers zéro. A la limite, nous obtenons la probabilité demandée. Elle est proportionnelle à $F dS$, en appelant F le produit de $f(g_1, g_2, \ldots, g_m)$ par la valeur J que prend le jacobien $\frac{D(y)}{D(x, z)}$ quand les z_k sont nuls. Cette valeur est une fonction arbitraire des x_j. Donc, *la loi de probabilité cherchée est également arbitraire*.

Ceci est une généralisation du paradoxe de J. Bertrand, concernant la position d'un point sur un grand cercle d'une sphère ([1]). L'indétermination ne peut être levée, théoriquement, que par la connaissance du *procédé expérimental* par le moyen duquel *on sait* que M est sur S ([2]).

Voici toutefois un cas où, pratiquement, cette connaissance est inutile. Supposons que *la probabilité f n'ait une valeur appréciable que lorsque* M *se trouve très près de l'origine* O. Admettons, en outre, que S passe dans le voisinage de ce point. Si les dérivées partielles des y par rapport aux x et aux z ne sont pas très grandes et sont continues, le produit $F = fJ$ est sen-

---

([1]) Ce paradoxe a été étudié d'une manière approfondie par M. Borel (*Eléments de la théorie des probabilités*, p. 98), qui fait intervenir le procédé expérimental par lequel on sait que M est sur le cercle S. Dans le cas du procédé astronomique, la région R est un petit fuseau. C'est au contraire une petite zone dans le procédé géodésique. Suivant le cas, on aboutit à une probabilité proportionnelle à $\sin \theta$ ou à une probabilité uniforme.

([2]) Il y a des cas où il paraît difficile de dire en quoi consiste ce procédé. Par exemple, en mesurant les trois angles d'un triangle, on commet les erreurs y_1, y_2, y_3, dont la somme est connue, si l'on admet le postulat d'Euclide. Ici, S est un plan. Que faut-il prendre pour région R? Il paraît naturel de la limiter par des plans parallèles à S, et cela revient à admettre que l'on sait seulement que la somme des angles d'un triangle est comprise entre $\pi + \varepsilon$ et $\pi - \varepsilon$. Autrement dit, *on n'est pas absolument certain que notre espace soit euclidien*. Mais ceci est évidemment discutable, quoique sans importance pratique, si les erreurs sont petites.

siblement nul, sauf quand M est voisin de O; auquel cas J est sensiblement constant. Dès lors, *la probabilité devient proportionnelle à* $f(g_1, g_2, \ldots, g_m)dS$.

2. On peut appliquer ceci à la *méthode des moindres carrés*. Les m erreurs y_i, dues aux observations directes, sont des fonctions *connues* des n variables x_k. Ces fonctions définissent la multiplicité S. Quant à la fonction f, elle résulte de la loi d'erreurs, qui sera par exemple la loi de Gauss. Si les mesures sont précises, elle décroît rapidement quand M s'éloigne de O et l'on peut admettre la probabilité *a posteriori* $f(g_i)\,dS$. On retombe dès lors sur la théorie de Poincaré (*Calcul des probabilités*, p. 234), dans l'hypothèse où la fonction ψ est constante, qui conduit directement à la méthode classique des moindres carrés.

3. Dans un autre ordre d'idées, je signale que les calculs auxquels donne lieu le développement de cette méthode, se présentent sous une forme extrêmement simple, quand on utilise les procédés du *calcul tensoriel*.

Les données sont les m formes linéaires $u_\lambda = a^i_\lambda x_i$, dont les valeurs numériques b_λ sont connues par l'observation directe. On introduit la *forme quadratique fondamentale*

$$\Omega(x) = \sum_{\lambda=1}^{m} u_\lambda^2 = A^{ij} x_i x_j, \qquad A^{ij} = \sum_\lambda a^i_\lambda a^j_\lambda,$$

d'où résultent les *variables contrevariantes* telles que $x^i = A^{ij} x_j$. La valeur probable de x_i est alors donnée par l'une ou l'autre des deux formules

$$\overline{x^i} = \sum_\lambda b_\lambda a^i_\lambda, \qquad \overline{x_i} = \sum_\lambda b_\lambda a_\lambda^i.$$

Plus généralement, si $f = g_i x^i = g^i x_i$ est une forme linéaire quelconque, sa valeur probable est

$$\overline{f} = \sum_\lambda b_\lambda (a^i_\lambda g^i) = \sum_\lambda b_\lambda (a^i_\lambda g_i).$$

Le carré de l'erreur commise en adoptant cette valeur a une valeur probable proportionnelle à $g_i g^i = \Omega(g)$, ce qui se réduit à A_{ii} dans le cas particulier de l'erreur sur $\overline{x_i}$. La somme des carrés des résidus a une valeur probable proportionnelle à

$$n + p - \sum_\lambda a^i_\lambda a^i_\lambda = n + p - n = p,$$

car

$$\sum_{\lambda} a^i a^j_\lambda = A^j_i = 1 \text{ pour } i = j.$$

Je me propose de développer ces calculs dans un autre recueil.

Observations au sujet de la Note de M. J. HAAG, par M. **ÉMILE BOREL.**

Je tiens à dire que je laisse à M. Haag la responsabilité de son affirmation relative à la probabilité de la position d'un point sur un méridien de la sphère déterminé par un procédé géodésique. Je maintiens à ce sujet l'opinion que j'ai exprimée dans mes *Éléments de la théorie des probabilités* et dans *Le Hasard*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le calcul différentiel absolu.* Note [1] de M. **RENÉ LAGRANGE**, transmise par M. Émile Borel.

J'ai montré, dans des Notes antérieures et dans ma Thèse, comment on peut conserver les propriétés formelles du calcul différentiel ordinaire, tout en remplaçant les n différentielles $dx_1, \ldots, dx_n$ par n formes de Pfaff $d\omega_1, \ldots, d\omega_n$. Les propriétés intrinsèques d'une forme quadratique de ces différentielles dx_i s'obtiennent alors en décomposant cette forme en la somme des carrés de n formes de Pfaff.

On est parfois conduit à considérer une forme quadratique quelconque de n formes de Pfaff déterminées

$$\varphi = \sum_{\alpha\beta} a_{\alpha\beta}\, d\omega^\alpha\, d\omega^\beta, \tag{1}$$

et il peut être plus simple d'étudier φ sous cette forme que de la décomposer en la somme des carrés de n nouvelles formes de Pfaff.

Or la combinaison de la différentiation covariante suivant Christoffel, et de la différentiation absolue relativement aux formes $d\omega^\alpha$, permet d'appliquer à la forme φ les méthodes de calcul que Ricci a établies pour une forme quadratique de différentielles exactes.

Le changement de variables est remplacé ici par la substitution linéaire

---

(1) Séance du 7 avril 1924.

la plus générale

(2) $$d\omega'^i = \sum_\alpha \lambda^i_\alpha \, d\omega^\alpha.$$

Désignons par $\tau_{\alpha\beta\gamma}$, τ'_{ikh} les rotations des deux systèmes de Pfaff $d\omega^\alpha$ et $d\omega'^i$, et appelons différentiation pfaffienne (¹) d'un système analogue aux λ^i_α, pouvant être pourvu d'indices grecs et latins, l'opération

(3) $$\overline{d}X^i_\alpha = dX^i_\alpha - \sum_{\beta\gamma} \tau_{\alpha\beta\gamma} X^i_\beta \, d\omega^\gamma - \sum_{kh} \tau'_{ikh} X^k_\alpha \, d\omega'^h.$$

Cette opération possède les propriétés formelles du calcul différentiel ordinaire, notamment celles relatives à la composition des systèmes. Les covariants bilinéaires absolus

$$\overline{\delta}\, d\omega^\alpha - \overline{d}\, \delta\omega^\alpha \quad \text{et} \quad \overline{\delta}\, d\omega'^i - \overline{d}\, \delta\omega'^i$$

étant nuls, les formes $d\omega^\alpha$ et $d\omega'^i$ jouent le rôle de différentielles exactes. Enfin, la différentiation pfaffienne des deux membres de (2) conduit aux relations

(4) $$\frac{\overline{\partial}\lambda^i_\alpha}{\partial\omega_\beta} = \frac{\overline{\partial}\lambda^i_\beta}{\partial\omega_\alpha},$$

qui rappellent les relations $\frac{\partial^2 x'_i}{\partial x_\alpha \, \partial x_\beta} = \frac{\partial^2 x'_i}{\partial x_\beta \, \partial x_\alpha}$ des changements de variables ordinaires.

Avec les nouvelles formes de Pfaff, φ s'écrit

$$\varphi = \sum_{ik} a'_{ik} \, d\omega'^i \, d\omega'^k,$$

et l'on a

(5) $$a_{\alpha\beta} = \sum_{ik} \lambda^i_\alpha \lambda^k_\beta \, a'_{ik}.$$

La différentiation pfaffienne des deux membres donne

(6) $$\frac{\overline{\partial} a_{\alpha\beta}}{\partial\omega_\gamma} = \sum_{ikh} \frac{\overline{\partial} a'_{ik}}{\partial\omega'_h} \lambda^i_\alpha \lambda^k_\beta \lambda^h_\gamma + \sum a'_{ik} \left(\lambda^i_\alpha \frac{\overline{\partial}\lambda^k_\beta}{\partial\omega_\gamma} + \lambda^k_\beta \frac{\overline{\partial}\lambda^i_\alpha}{\partial\omega_\gamma} \right).$$

(¹) Cette différentiation pfaffienne se comporte envers la forme φ comme la différentiation ordinaire envers une forme quadratique de différentielles exactes.

Posons, en suivant la méthode de Christoffel,

$$C_{\alpha\beta,\gamma} = \frac{1}{2}\left(\frac{\overline{\partial} a_{\alpha\gamma}}{\partial\omega_\beta} + \frac{\overline{\partial} a_{\beta\gamma}}{\partial\omega_\alpha} - \frac{\overline{\partial} a_{\alpha\beta}}{\partial\omega_\gamma}\right),$$
$$C^{\gamma}_{\alpha\beta} = \sum_{\delta} a^{\gamma\delta} C_{\alpha\beta,\delta};$$

(6) peut être remplacée par l'équation de Christoffel généralisée

$$(7) \qquad \overline{d}\lambda^{i}_{\alpha} - \sum_{\beta\gamma} C^{\beta}_{\alpha\gamma}\lambda^{i}_{\beta}\, d\omega^{\gamma} + \sum_{jk} C'^{i}_{jk}\lambda^{j}_{\alpha}\, d\omega'^{k} = 0.$$

Nous sommes ainsi conduits à prendre pour différentielle absolue d'un système (simplement covariant et contrevariant, par exemple), relativement à φ, l'opération

$$(8) \qquad \overline{\overline{d}}X^{\lambda}_{\alpha} = \overline{d}X^{\lambda}_{\alpha} - \sum_{\beta\gamma} C^{\beta}_{\alpha\gamma} X^{\lambda}_{\beta}\, d\omega^{\gamma} + \sum_{\mu\gamma} C^{\lambda}_{\mu\gamma} X^{\mu}_{\alpha}\, d\omega^{\gamma},$$

ou, en posant

$$R^{\beta}_{\alpha\gamma} = \tau_{\alpha\beta\gamma} + C^{\beta}_{\alpha\gamma},$$

$$(8') \qquad \overline{\overline{d}}X^{\lambda}_{\alpha} = dX^{\lambda}_{\alpha} - \sum R^{\beta}_{\alpha\gamma} X^{\lambda}_{\beta}\, d\omega^{\gamma} + \sum_{\mu\gamma} R^{\lambda}_{\mu\gamma} X^{\mu}_{\alpha}\, d\omega^{\gamma}.$$

L'équation (7) exprime que la covariance se conserve dans cette opération. La permutation de deux différentiations successives met en évidence les courbures riemanniennes généralisées

$$(9) \qquad R^{\beta}_{\alpha,\gamma\delta} = \tau^{\alpha\beta}_{\gamma\delta} + C^{\beta}_{\alpha,\gamma\delta},$$

où $\tau^{\alpha\beta}_{\gamma\delta}$ sont les courbures du système de Pfaff $d\omega^\alpha$, et où

$$C^{\beta}_{\alpha,\gamma\delta} = \frac{\overline{\partial} C^{\beta}_{\alpha\gamma}}{\partial\omega_\gamma} - \frac{\overline{\partial} C^{\beta}_{\alpha\delta}}{\partial\omega_\gamma} + \sum_{\varepsilon}\left(C^{\varepsilon}_{\alpha\gamma} C^{\beta}_{\varepsilon\delta} - C^{\varepsilon}_{\alpha\delta} C^{\beta}_{\varepsilon\gamma}\right).$$

Enfin, l'identité à zéro du covariant bilinéaire absolu de (7) montre que les

$$R_{\alpha\beta,\gamma\delta} = \sum_{\varepsilon} a_{\beta\varepsilon} R^{\varepsilon}_{\alpha,\gamma\delta}$$

sont covariants quadruples. En particulier, on peut mettre φ sous la forme $\sum_i d\omega'^2_i$; on a alors

$$R_{\alpha\beta,\gamma\delta} = \sum_{ihkl} \lambda^{i}_{\alpha}\lambda^{h}_{\beta}\lambda^{k}_{\gamma}\lambda^{l}_{\delta}\tau'^{ih}_{kl},$$

donc les $R_{\alpha\beta,\gamma\delta}$ satisfont aux mêmes relations que les courbures riemanniennes ordinaires.

Remarquons encore que l'opération précédente peut se définir par une voie synthétique, en s'imposant *a priori* les trois propriétés suivantes : les $d\omega^\alpha$ doivent jouer le rôle de différentielles exactes; les $a_{\alpha\beta}$ se comportent comme des constantes; la différentiation absolue d'une composition s'effectue comme en calcul ordinaire.

MÉCANIQUE. — *Sur les amplitudes des rotations de torsion et les résonances de torsion des arbres de transmission.* Note de M. **Charles Platrier**, présentée par M. Mesnager.

1. Dans deux Notes antérieures ([1]), nous avons étudié la torsion d'un arbre de longueur L composé de n tronçons de cylindres ou prismes droits parallèles à Ox, axe de symétrie commun. Le tronçon de rang p était caractérisé par un coefficient de torsion K_p, une vitesse de propagation de torsion V_p, une longueur l_p et un couple $(l_p C_p)$ extérieur périodique uniformément réparti d'axe Ox :

$$(1) \qquad C_p = \Gamma_p \sin\frac{t}{T} = \frac{K_p N_p}{V_p^2 T^2} \sin\frac{t}{T} \qquad (2\pi T \text{ période constante}).$$

Nous avons montré que la rotation α_p de la tranche x du $p^{\text{ième}}$ cylindre était

$$(2) \qquad \alpha_p = \left[A_p \sin\left(\frac{x - \overline{l_1 + l_2 + \ldots + l_{p-1}}}{V_p T} + \varphi_p\right) - N_p\right] \sin\frac{t}{T} = B_x \sin\frac{t}{T}.$$

Après avoir posé

$$(3) \qquad a_p = \frac{l_p}{V_p T}, \qquad \overline{\Delta N_p} = N_p - N_{p-1}, \qquad R_p = \frac{K_p}{V_p},$$

les A_p et φ_p étaient déterminés à l'aide de symboles $\mathfrak{s}$ dont nous avons indiqué le développement.

Désignons par p et q deux entiers, par r_1 l'entier $\frac{p-q+1}{2}$ ou $\frac{p-q+2}{2}$, par r_2 l'entier $\frac{p-q+2}{2}$ ou $\frac{p-q+3}{2}$, par (i) l'ensemble des combinaisons simples $i_1 < i_2 < \ldots < i_{2\varpi-1}$ de $2\varpi - 1$ des $p - q + 1$ nombres $q, q+1, \ldots, p$,

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 990 et 1143.

par (j) l'ensemble des combinaisons simples $j_1 < j_2 < \ldots < j_{2\varpi-2}$ de $2\varpi - 2$ des mêmes nombres.

On est conduit, tout calcul fait, à former les sommes U_q^p, V_q^p et les produits ε_p suivants :

$$(4)\quad \begin{cases} U_q^p\left(\frac{1}{T}\right) = \displaystyle\sum_{\varpi=1}^{\varpi=r_1}(-1)^{\varpi-1}\sum_{(i)}\frac{R_{i_1}R_{i_2}\ldots R_{i_{2\varpi-1}}}{R_{i_2}R_{i_3}\ldots R_{i_{2\varpi-2}}}\tan g\,a_{i_1}\tan g\,a_{i_2}\ldots\tan g\,a_{i_{2\varpi-1}}, \\ V_q^p\left(\frac{1}{T}\right) = 1 + \displaystyle\sum_{\varpi=2}^{\varpi=r_2}(-1)^{\varpi-1}\sum\frac{R_{j_1}R_{j_3}\ldots R_{j_{2\varpi-3}}}{R_{j_2}R_{j_4}\ldots R_{j_{2\varpi-2}}}\tan g\,a_{j_1}\tan g\,a_{j_2}\ldots\tan g\,a_{j_{2\varpi-2}}, \end{cases}$$

$$(5)\qquad \varepsilon_p = \cos a_1 \cos a_2 \ldots \cos a_p.$$

Les amplitudes A_p et les phases φ_p sont alors déterminées par les égalités

$$(6)\quad \begin{cases} A_1 V_1^{p-1} + \displaystyle\sum_2^p \frac{1}{\varepsilon_\sigma} V_\sigma^{p-1}\,\overline{\Delta N}_\sigma = \frac{A_p \sin\varphi_p}{\varepsilon_p}, \\ A_1 U_1^{p-1} + \displaystyle\sum_2^{p-1} \frac{1}{\varepsilon_\sigma} U_\sigma^{p-1}\,\overline{\Delta N}_\sigma = -\frac{R_p A_p \cos\varphi_p}{\varepsilon_p}, \\ A_1 U_1^n + \displaystyle\sum_2^n \frac{1}{\varepsilon_\sigma} U_\sigma^n\,\overline{\Delta N}_\sigma = 0 \end{cases}$$

et les pulsations de résonance par l'équation de résonance

$$(7)\qquad U_1^n\left(\frac{1}{T}\right) = 0.$$

2. Nous nous proposons ici de *déterminer les amplitudes* B_x *des rotations de torsion et les pulsations donnant des résonances de torsion d'un arbre de transmission de longueur* L *astreint à la condition d'admettre* Ox *comme axe de symétrie, chaque tronçon infiniment petit étant caractérisé par un coefficient de torsion* K_x, *une vitesse de propagation de torsion* V_x, *une longueur* dx *et un couple* $(C_x\,dx)$ *extérieur périodique d'axe* Ox

$$(8)\qquad C_x = \Gamma_x \sin\frac{t}{T} = \frac{K_x N_x}{V_x^2 T^2}\sin\frac{t}{T} \qquad (2\pi T \text{ période constante}).$$

Pour cela nous ferons croître n indéfiniment en faisant tendre tous les l_q vers zéro. Posons

$$(9)\qquad I(x) = \frac{K_x}{V_x^2}, \qquad J(x) = \frac{1}{K_x}, \qquad g(x) = \frac{d}{dx}\frac{\Gamma(x)}{I(x)};$$

I_x et J_x sont des quantités positives inférieures à une quantité fixe M.

Désignons par D_p le domaine suivant :

$$s \leqq s_1 \leqq s_2, \quad \ldots, \quad s \leqq s_q \leqq s_{q+1}, \quad \ldots, \quad s \leqq s_{p-1} \leqq s_p, \quad s \leqq s_p \leqq x.$$

Nous remarquerons que les sommes (4) deviennent, à la limite, les séries

$$(10)\quad \begin{cases} U_s^x\left(\frac{1}{T}\right) = \displaystyle\sum_{\varpi=1}^{\varpi=\infty} \frac{(-1)^{\varpi-1}}{T^{2\varpi-1}} \int_{D_{2\varpi-1}} I(s_1)\,J(s_2)\ldots I(s_{2\nu-1})\,J(s_{2\nu})\ldots I(s_{2\varpi-1})\,ds_1\,ds_2\ldots ds_{2\varpi-1}, \\ V_s^x\left(\frac{1}{T}\right) = 1 + \displaystyle\sum_{\varpi=1}^{\varpi=\infty} \frac{(-1)^{\varpi-1}}{T^{2\varpi-1}} \int_{D_{2\varpi-1}} I(s_1)\,J(s_2)\ldots I(s_{2\nu-1})\,J(s_{2\nu})\ldots J(s_{2\varpi-2})\,ds_1\,ds_2\ldots ds_{2\varpi-2}. \end{cases}$$

Ces séries sont absolument convergentes, car si u_ϖ et v_ϖ désignent respectivement leurs $\varpi^{\text{ièmes}}$ termes,

$$|u_\varpi| < \frac{(x-s)^{2\varpi-1}}{(2\varpi-1)!}\,\frac{M^{2\varpi-1}}{T^{2\varpi-1}}, \qquad |v_\varpi| < \frac{(x-s)^{2\varpi-2}}{(2\varpi-2)!}\,\frac{M^{2\varpi-2}}{T^{2\varpi-2}},$$

Comme les ε_p tendent tous vers l'unité et B_x vers $\lim(A_p \sin\varphi_p - N_p)$, les relations (6) donnent, *d'une part*,

$$(11)\qquad B_x = T^2\left[\int_0^x V_0^x g(s)\,ds - \frac{V_0^x}{U_0^L}\int_0^L U_s^L g(s)\,ds - \frac{\Gamma_x}{I_x}\right].$$

formule qui définit dans le cas général étudié ici les amplitudes B_x *des rotations de torsion* $\alpha_x = B_x \sin\frac{t}{T}$ *et, d'autre part, les pulsations donnant lieu à des résonances de torsion sont déterminées par l'équation générale de résonance*

$$(12)\qquad U_0^L\left(\frac{1}{T}\right) = 0.$$

3. On vérifie directement que B_x est la solution de l'équation

$$(13)\qquad \frac{d^2B_x}{dx^2} + \frac{d\log K(x)}{dx}\,\frac{dB_x}{dx} + \frac{B_x}{V_x^2T^2} + \frac{\Gamma_x}{K_x} = 0,$$

qui satisfait, en outre, aux conditions $\frac{dB_x}{dx} = 0$ pour $x = 0$ et $x = l'$.

[On remarquera pour cela que

$$(14)\qquad \frac{dU_s^x}{dx} = \frac{I_x}{T}V_s^x \quad \text{et} \quad \frac{dV_s^x}{dx} = -\frac{J_x}{T}U_s^x.\Big]$$

Ce résultat était à prévoir, car, d'une part, le théorème des moments

cinétiques par rapport à Oz, appliqué à un tronçon d'épaisseur dx, donne l'équation aux dérivées partielles

$$(15) \qquad I_x \frac{\partial^2 \alpha_x}{\partial x^2} = \Gamma_x \sin \frac{t}{T} + \frac{\partial}{\partial x}\left(K_x \frac{\partial \alpha_x}{\partial x}\right),$$

qui se ramène à (13) quand on cherche une solution de la forme $B_x \sin \frac{t}{T}$, et, d'autre part, on n'a plus ici à satisfaire qu'aux conditions aux limites $\frac{dB_x}{dx} = 0$ pour $x = 0$ et $x = L$.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Sur les taches solaires.* Note de M. **Joseph Lévine**, présentée par M. Bigourdan.

M. G. Hale, a réuni dernièrement les résultats de ses recherches sur les taches solaires (1) : découverte du champ magnétique, signes différents des taches accouplées, changement périodique de leurs signes.

Étant donnée l'importance que présentent les taches solaires pour la Physique du Globe, il n'est pas inutile d'examiner s'il ne serait pas possible d'éviter que la notion de taches doubles, de signes opposés, ne vienne obscurcir encore plus nos idées sur les taches solaires.

Je crois en effet qu'on peut s'expliquer, d'une façon très simple, les taches doubles de signes différents :

Les éruptions solaires, les protubérances, forment, à leur passage à travers la photosphère, des trous qui font tache sur sa blancheur éclatante. Les vapeurs incandescentes des protubérances, après qu'elles se sont élevées, parfois à des hauteurs considérables, se trouvent soumises, à la fois, à la force déviante due à la rotation du Soleil et à l'attraction exercée par la pesanteur; elles retombent, par conséquent, en un point différent de la photosphère, où elles forment la tache jumelle de polarité opposée, comme le second pôle d'un solénoïde. Par suite de la dispersion des matières projetées, la seconde tache de chaque couple doit avoir une forme plus irrégulière que la première, et s'enfoncer moins dans la photosphère; parfois, on ne peut la déceler que par le spectroscope; si la projection des matières continue, la tache ressort de plus en plus nettement (2).

(1) Supplément spécial de la revue anglaise *Nature* du 19 janvier 1924.

(2) Voir, par exemple, les figures 1, 4, 7, 9 de l'article de M. Hale; sur la figure 5 ne sont pas indiquées les secondes taches, qui accompagnent celles qui se trouvent de chaque côté de l'équateur; les figures 11 et 12 montrent la disposition générale des taches.

Cette explication montre qu'on doit s'attacher moins à l'existence même des taches doubles et à la distance qui les sépare qu'à l'orientation de la ligne qui les relie. On pourra recueillir ainsi des données précieuses pour l'étude des changements de signe, car le changement apparent de polarité ne doit provenir que du fait que la seconde tache se forme d'un autre côté par rapport à la première, sous l'action d'une force qui l'emporte sur la déviation résultant de la rotation du Soleil.

OPTIQUE. — *Sur l'expérience de Michelson.* Note de M. E. **Brylinski**, transmise par M. Daniel Berthelot.

Une Note récente de M. A Metz (¹) nécessite quelques explications rectificatives.

J'en ai pas attendu la remarque formulée par M. Metz pour me rendre un compte exact de l'ordre de grandeur du terme en β^3, et j'ai même eu l'occasion de signaler verbalement, bien avant la présentation de ma première Note, que ce terme ne pouvait, en raison de son ordre de grandeur, donner l'explication de la petitesse relative de certains résultats expérimentaux obtenus.

Il n'est pas besoin, pour attacher de l'intérêt à la présence d'un terme en β^3, de supposer que l'expérience ait atteint une précision de l'ordre de 10^{-12}. Il suffit de se rappeler que, d'après une théorie largement répandue depuis une vingtaine d'années, l'expérience de Michelson ne pourrait donner que des résultats négatifs *quel que soit le degré de précision* auquel on atteindrait, et que cette théorie est basée sur le développement de $(1 - \beta^2)^{-\frac{1}{2}}$ qui ne comporte que des termes pairs en β.

J'ai eu soin de signaler dans une précédente Note (²) que j'avais fait les calculs *dans les deux cas* où la contraction dérègle la glace et où la glace est maintenue à 45°. M. Metz affirme que cette dernière supposition est impossible à réaliser, mais il omet de le prouver.

Il y a peut-être quelque imprudence de la part de M. Metz à affirmer que les résultats du Professeur Miller sont « au maximum de $\frac{1}{10}$ de ceux attendus de par l'ancienne théorie, ce qui leur interdit la possibilité d'être interprétée par celle-ci ».

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1265.

(²) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 466. — Voir aussi *Revue générale de l'Électricité* des 16 et 23 février et 1ᵉʳ mars 1924, t. 15, p. 243-250, 283-288 et 339-347.

Tout d'abord, je n'ai pas trouvé dans la publication du Professeur Miller l'expression *au maximum* (c'est moi qui souligne), et j'ai de sérieuses raisons de supposer que la grandeur de l'effet obtenu dépasse *notablement* le $\frac{1}{10}$ de ce qui était attendu. Mais surtout, mon travail a eu précisément pour objet de montrer que le résultat qui doit être obtenu d'après la théorie usuelle dépend du lieu, de la date et de l'heure de l'expérience, ainsi que de la largeur des franges obtenues et que ce résultat sera généralement plus petit que ce que donnait l'explication un peu simpliste adoptée antérieurement, au point de pouvoir s'annuler complètement dans certains cas.

Quant à la perturbation supplémentaire périodique en un tour de l'interféromètre, si j'ai prétendu l'expliquer aisément, cela n'a jamais été au moyen du terme en β^3. Il suffit de se reporter à la Note que j'ai visée [1] pour voir que l'explication, très simple, est toute différente.

La différence de marche a pour valeur, en première approximation,

$$\beta^2 \frac{l}{c}\left(1 - \frac{\lambda^2}{\beta^2 \delta^2} \pm \frac{\lambda}{\beta\delta}\right),$$

le signe à adopter pour le dernier terme étant + ou − selon que le déréglage du miroir tendra à renvoyer les ondes dans le sens du mouvement de la Terre ou le sens opposé.

Or, quel que soit le déréglage du miroir dans la première position, il sera de sens opposé dans la position du plateau à 180°, de sorte qu'on aura dans l'une des positions un coefficient

$$1 - \frac{\lambda^2}{\beta^2 \delta^2} \pm \frac{\lambda}{\beta\delta}$$

et dans la position à 180° un coefficient

$$1 - \frac{\lambda^2}{\beta^2 \delta^2} \mp \frac{\lambda}{\beta\gamma},$$

ce qui équivaut à superposer au terme attendu, de coefficient $\left(1 - \frac{\lambda^2}{\beta^2 \delta^2}\right)$ un termepériodique dans le tour, de coefficient $\pm \frac{\lambda}{\beta\delta}$.

Une interprétation théorique qui, établie sans connaître le résultat expérimental obtenu dans ce sens, aboutit précisément à l'existence d'un pareil terme, et se trouve ainsi qualitativement vérifiée par avance, semble mériter quelque intérêt.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1209.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'apparition des raies ultimes dans les spectres de l'arc électrique.* Note de M. **St. Procopiu**, présentée par M. A. Cotton.

Les impuretés qui se trouvent dans les métaux peuvent être décelées par l'apparition des raies ultimes de M. de Gramont, caractéristiques de ces métaux étrangers, dans les spectres de l'arc ou mieux de l'étincelle. Ces raies ultimes ont une intensité relative remarquable étant donnée la faible proportion des corps qui les produisent; elles doivent donc être émises par un autre mécanisme que les raies du métal lui-même qui prédomine dans les électrodes. Voici quelques expériences qui apportent des données sur les conditions dans lesquelles cette émission se produit.

1. *Impuretés de faible potentiel d'ionisation.* — Faisons jaillir l'arc électrique entre deux tiges de métal, d'abord sous pression réduite (1 à 40^{mm} de mercure), puis dans l'air atmosphérique. Dans le premier cas, les raies ultimes des impuretés sont à peine visibles, et aussi les raies de flamme du métal, qui prédomine dans les électrodes, sont peu développées. Dans le second cas, à la pression atmosphérique, toutes ces raies deviennent très intenses.

Ainsi, lorsque l'arc est établi entre deux électrodes de Zn, les impuretés qui apparaissent dans les spectres sont le Pb ($\lambda\lambda$4058, 3684, 3639, 2614 Å) et le Cd ($\lambda\lambda$2288, 2265 Å). Les raies ultimes de ces métaux deviennent très intenses pour des pressions de l'arc dépassant 40^{mm} de mercure.

En même temps, on peut remarquer le développement très grand des raies de flamme du Zn ($\lambda\lambda$2138 et 3076 Å). Ainsi, tandis que à 1^{mm} de pression, des deux raies λ3076 Å (de symbole $\nu = 1S - 1p_2$) et λ3072 (de symbole $\nu = 1p_1 - 2s$), c'est la seconde qui est la plus intense, c'est l'inverse que l'on constate si l'arc est établi dans l'air. J'ai pris comme exemple ces deux raies, parce qu'elles sont voisines et parce que la première est une raie de flamme et la seconde une raie d'arc (de la série fine) (¹).

Il est probable que dans le vide, les raies du métal constituant les électrodes et les raies du métal-impureté sont dues principalement à un mécanisme électrique qui a son siège à la cathode; et que dans l'air, l'ionisation et l'émission par choc électronique sont plus réduites, l'élévation de tempé-

(¹) En outre, les raies de flamme, même pour l'arc dans le vide, se présentent plus développées à l'anode, alors que les autres raies se trouvent toujours plus développées à la cathode (*Annales de Physique*, t. 1, 1924, p. 112).

rature étant ici la cause principale de l'émission. Les raies qui seront surtout émises seront alors celles qui demandent une énergie plus faible, de l'ordre de l'énergie thermique; ces dernières raies sont les raies de flamme et le premier terme de certaines séries du métal prédominant dans les électrodes, ou les raies ultimes du métal-impureté.

2. *Impuretés de grand potentiel d'ionisation.* — Pour pouvoir tirer une conclusion nette au sujet de l'origine thermique des raies ultimes, mettons-nous dans un cas où l'excitation électrique est très difficile, celui où le potentiel d'ionisation du métal, compris comme impureté, est plus élevé que celui du métal constituant les électrodes.

La différence de potentiel sous laquelle jaillit l'arc étant celle qui convient à l'arc du métal de faible potentiel d'ionisation, on doit s'attendre à ce que les impuretés n'apparaissent pas. C'est ce qui arrive si l'arc est établi dans le vide, mais non pas si l'arc jaillit dans l'air.

Établissons l'arc entre deux tiges, l'une de Zn pur, l'autre de Zn sur lequel on a déposé une couche mince de Al (1) (dont le potentiel d'ionisation est probablement plus élevé que celui du Zn). Si cet arc jaillit dans le vide, le spectre ne contiendra pas les raies de l'aluminium, ou si ces raies apparaissent elles auront une intensité extrêmement faible. Mais s'il jaillit dans l'air, son spectre contiendra les doublets de l'aluminium, $\lambda\lambda\, 3961 - 3644$ Å (de symbole $\nu = 1\pi - 1\sigma$) et $\lambda\lambda\, 3092 - 3082$ Å ($\nu = 1\pi - 2\delta$), très intenses. D'autre part, dans ce dernier cas, les raies de flamme du Zn prennent un fort développement.

En somme, le faible développement des raies ultimes des impuretés dans les spectres de l'arc dans le vide, et par contre leur grand développement dans les spectres de l'arc dans l'air, aussi bien que l'évolution analogue des raies de flamme du métal constituant les électrodes, conduisent à attribuer l'émission des raies ultimes à un mécanisme thermique.

Il en résulte aussi une conséquence pratique : l'arc électrique dans le vide ne peut pas servir pour la recherche spectroscopique des constituants d'un alliage, notamment pour les métaux difficilement ionisables.

---

(1) Pour déposer cette couche mince d'aluminium sur le zinc, j'ai procédé de la manière suivante : en établissant l'arc, dans le vide, entre une cathode d'aluminium et une anode de zinc, l'aluminium se dépose sur l'anode de zinc.

MAGNÉTISME. — *Étude magnétique de divers assemblages de cylindres d'acier extra-doux, à grand champ démagnétisant.* Note de M. **P. Dejean**, présentée par M. Paul Janet.

Nous avons indiqué dans une Note précédente (¹) les résultats que nous avons obtenus en étudiant, au point de vue magnétique, des empilages de cylindres d'acier extra-doux. Ces 120 cylindres qui avaient une hauteur égale à la moitié de leur diamètre ($h = 10^{mm}$ pour $d = 20^{mm}$) étaient disposés de manière que leurs axes soient toujours dans le prolongement les uns des autres. L'écartement ou entrefer (E) établi entre les bases des différents cylindres (que nous appellerons écartement longitudinal, pour rappeler qu'il était réalisé dans le sens de l'axe) était rigoureusement le même entre chacun des cylindres au cours d'un même essai, mais il variait d'un essai à l'autre.

Nous avons montré ainsi que, lorsqu'on augmente progressivement les entrefers, l'intensité d'aimantation apparente $\mathfrak{J}'$ de l'empilage ne décroît pas linéairement. Au contraire, les courbes $\mathfrak{J}' = f(\mathrm{E})$ tracées pour un certain nombre de valeurs du champ montrent une certaine analogie avec les courbe $\mathfrak{J} = f(\theta)$ établies par Curie (²) lorsqu'il étudia les variations de l'intensité d'aimantation $\mathfrak{J}$ du fer en fonction de la température θ.

Nous en avions conclu que la discontinuité apparente qui se produit au point de Curie dans les propriétés magnétiques peut très bien s'expliquer par une action continue : transformation progressive d'une forme α en une forme β isomorphe, ou simplement : écartement progressif des aimants élémentaires par suite de l'élévation de la température. A condition d'admettre toutefois que ces aimants élémentaires sont analogues à des aimants à très grand champ démagnétisant.

L'écartement *longitudinal* des différents cylindres, tel que nous l'avions ainsi réalisé, conduisait à des conclusions intéressantes, mais un peu trop spécialisées. Le rôle de l'agitation thermique en particulier n'apparaissait pas d'une manière bien nette. Nous avons donc repris nos essais avec les mêmes cylindres en acier extra-doux dont il a été précédemment question, mais en substituant à leur écartement *longitudinal*, un écartement *transversal* que nous avons réalisé de la manière que nous allons indiquer ci-après.

(¹) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 412.

(²) *Annales de Chimie et de Physique*, 7ᵉ série, t. 5, 1895, p. 403, *fig.* 15.

Nous avons pris 120 plaquettes de bois d'épaisseur parfaitement calibrée et rigoureusement égales à la hauteur de nos cylindres d'acier, soit 10^{mm}. Ces plaquettes étaient circulaires et avaient 52^{mm} de diamètre. Chacune de ces plaquettes était percée en son centre d'un trou circulaire de 6^{mm} de diamètre permettant de les enfiler toutes sur une tige de laiton. En outre, un second trou également circulaire ayant 20^{mm} de diamètre et excentré de 15^{mm} par rapport au centre de la plaquette, formait une sorte d'alvéole qui pouvait être très exactement remplie par un de nos cylindres d'acier de 20^{mm} de diamètre et 10^{mm} de hauteur.

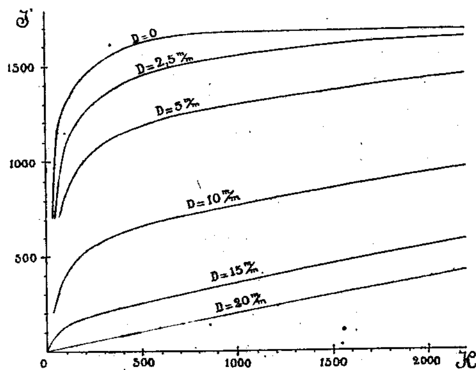


Fig. 1.

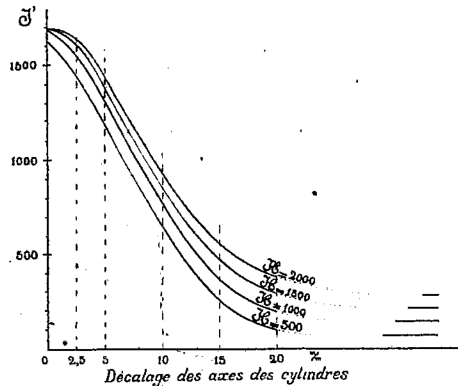


Fig. 2.

Les 120 plaquettes étant ainsi garnies de leurs cylindres étaient enfilées dans la tige du laiton, comme il a été indiqué plus haut. Par une rotation convenable des différentes plaquettes, il était facile de mettre les axes de tous les cylindres dans le prolongement les unes des autres, ou bien au contraire de les décaler les uns par rapport aux autres d'une quantité connue (2,5, 5, 10, 15 ou 20^{mm}). C'est ainsi que, tout en conservant le parallélisme de leurs axes et sans les écarter les uns des autres dans le sens longitudinal, les cylindres d'acier pouvaient être répartis suivant une hélice dont le pas était d'autant plus court que le décalage de leurs axes était plus grand.

Ces hélices ainsi constituées étaient introduites dans le grand solénoïde qui nous avait servi dans nos précédents essais pour produire des champs de valeur connue. Nous avons ainsi pu établir les courbes de variations de l'intensité apparente d'aimantation $\mathfrak{I}'$ en fonction du champ $\mathfrak{H}$ pour les différents décalages (D) réalisés entre les axes. Ces courbes sont représentées figure 1.

Si nous relevons maintenant sur ces courbes pour différentes valeurs du

champ (500, 1000, 1500 et 2000 gauss) les intensités d'aimantation $\mathfrak{J}'$, nous pouvons construire de nouvelles courbes qui nous donnent les variations de l'intensité d'aimantation apparente $\mathfrak{J}'$ en fonction du décalage des axes des cylindres. Cette famille de courbes (*fig.* 2) est tout à fait analogue à celle que nous avions obtenue dans notre première étude en étudiant les variations de $\mathfrak{J}'$ en fonction de l'écartement longitudinal (ou entrefer) des cylindres. Toutes les courbes de ce faisceau présentent deux parties, l'une à concavité tournée vers le bas et l'autre tournée vers le haut, la première partie s'accentuant d'autant plus que la valeur du champ est plus grande.

L'analogie que nous avions signalée entre nos premières courbes et celles de Curie se retrouve ici de la même manière.

Le nouveau mode d'arrangement de nos cylindres à grand champ démagnétisant permet toutefois une assimilation plus simple entre l'effet produit par l'écartement progressif des axes de ces cylindres et celui que peut avoir l'agitation thermique sur les aimants élémentaires d'un corps ferromagnétique soumis à l'action d'un champ extérieur puissant.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action synthétisante de la d-mannosidase α, en présence du glycol ordinaire et de la glycérine.* Note de MM. **H. Hérissey** et **J. Cheymol**, présentée par M. Guignard.

Nous avons montré précédemment [1] que l'action synthétisante de la la *d*-mannosidase α, contenue dans la graine de luzerne germée, s'exerce en présence d'un certain nombre d'alcools nonovalents et conduit, sans aucun doute, à la formation des *d*-mannosides correspondants.

D'après les résultats exposés plus loin, on verra qu'en présence d'alcools polyvalents la *d*-mannosidase α détermine également un processus synthétisant, aboutissant à la glucosidification de ces alcools par le *d*-mannose.

Les recherches ont été conduites suivant le mode opératoire utilisé précédemment : pour chaque série d'essais, on préparait trois mélanges contenant respectivement l'alcool, le ferment et le mannose pour le mélange 1, l'alcool et le mannose pour le mélange 2 (témoin sans ferment), l'alcool et le ferment pour le mélange 3 (témoin sans mannose). Les mélanges étaient conservés à la température ordinaire et agités chaque jour.

Les résultats numériques indiqués ci-après se rapportent tous à des expériences d'une durée de 90 jours.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 123.

Glycol ordinaire. — On a fait deux séries d'essais, l'une sur des mélanges contenant 10^g de glycol pour 100^{cm^3}, l'autre sur des mélanges contenant 20^g du même alcool divalent pour 100^{cm^3}.

I. — *Mélanges contenant* 10^g *de glycol pour* 100^{cm^3}.

	1.	2.	3.
Rotation ($l=2$) ramenée au liquide primitif....	$+59'$	$+21'$	$+16'$
Sucre réducteur, exprimé en mannose, pour 100^{cm^3} de liquide primitif........................	$1^g,2801$	$0^g,9800$	$0^g,6073$

Soit, mannose disparu dans le mélange 1, pour 100^{cm^3} :

$$(0,9800 + 0,6073) - 1,2801 = 0^g,3072.$$

II. — *Mélanges contenant* 20^g *de glycol pour* 100^{cm^3}.

	1.	2.	3.
Rotation ($l=2$)............................	$+1°3'$	$+21'$	$+12'$
Sucre réducteur, pour 100^{cm^3}..................	$1^g,0001$	$0^g,9680$	$0^g,5197$

Soit, mannose disparu dans le mélange 1, pour 100^{cm^3} :

$$(0,9680 + 0,5197) - 1,0001 = 0^g,3876.$$

Glycérine. — Quatre séries d'essais ont été mises en expérience, portant sur des mélanges contenant, pour 100^{cm^3}, 10^g, 15^g, 20^g et 25^g de l'alcool trivalent; on a obtenu les résultats suivants :

	1.	2.	3.	Mannose disparu pour 100^{cm^3} du mélange 1.
I. Glycérine $\frac{10^g}{100^{cm^3}}$....	$+59'$	$+18'$	$+30'$	
	$1^g,5393$	$0^g,9800$	$0^g,7528$	
	$(0,9800 + 0,7528) - 1,5393$			$= 0^g,1935$
II. Glycérine $\frac{15^g}{100^{cm^3}}$....	$+1°12'$	$+18'$	$+30'$	
	$1^g,4523$	$0^g,9800$	$0^g,7417$	
	$(0,9800 + 0,7417) - 1,4523$			$= 0^g,2694$
III. Glycérine $\frac{20^g}{100^{cm^3}}$....	$+1°19'$	$+18'$	$+30'$	
	$1^g,3538$	$0^g,9910$	$0^g,7192$	
	$(0,9910 + 0,7192) - 1,3538$			$= 0^g,3564$
IV. Glycérine $\frac{25^g}{100^{cm^3}}$....	$+1°28'$	$+18'$	$+30'$	
	$1^g,2677$	$0^g,9910$	$0^g,6854$	
	$(0,9910 + 0,6854) - 1,2677$			$= 0^g,4087$

Sous l'influence de la d-mannosidase α, il y a donc eu combinaison du mannose avec le glycol ou avec la glycérine. En accord avec tous les faits du même ordre actuellement connus, dans le domaine des synthèses

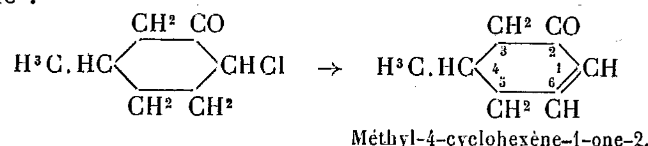
biochimiques, les quantités de mannose glucosidifié par le ferment sont d'autant plus élevées que les mélanges fermentaires contiennent eux-mêmes une plus forte proportion d'alcool, cette proportion devant d'ailleurs rester compatible avec la conservation du ferment dans le milieu considéré.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la chloruration de la β-méthylcyclohexanone inactive et sur quelques synthèses de diméthylcyclohexanones.* Note de MM. **Marcel Godchot** et **Pierre Bedos**, présentée par M. A. Haller.

En poursuivant nos recherches sur l'obtention de stéréo-isomères dans la série du cyclohexanol di-substitué ([1]), nous avons été amenés, en vue d'établir la constitution de diméthylcyclohexanones stéréo-isomères, à chlorer la β-méthylcyclohexanone inactive.

Antérieurement à nos recherches, MM. Kötz et Steinhorst ([2]) avaient déjà soumis, en 1911, la β-méthylcyclohexanone active à la chloruration directe et avaient montré que le chlore se fixait en para par rapport au groupe méthyle en donnant un mélange de deux dérivés monochlorés, bouillant entre 96° et 98° sous 12^{mm}, dont l'un était liquide et l'autre était solide (P. F. 61°-62°).

En mettant en œuvre la β-méthylcyclohexanone inactive, nous avons obtenu également un mélange de deux dérivés monochlorés stéréo-isomères (P. E. 90° sous 6^{mm}), l'un liquide et l'autre solide, constitué par de belles aiguilles, fusibles à 55°-56°. Ce mélange, distillé, à la pression ordinaire et en présence de quinoléine, nous a fourni une cétone méthylcyclohexénique (semicarbazone, P. F. 182°) par perte d'une molécule d'acide chlorhydrique :

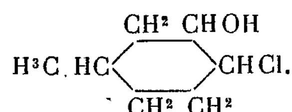


Méthyl-4-cyclohexène-1-one-2.

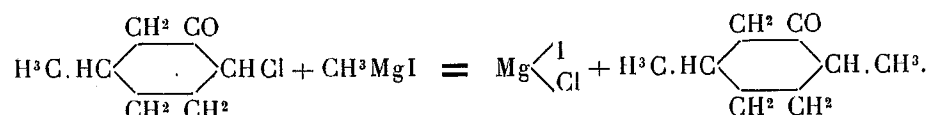
Or en oxydant, à l'aide du bichromate de potassium et de l'acide sulfurique, le mélange des deux chlorhydrines stéréo-isomères issues du Δ_3-méthylcyclohexène et décrites par nous récemment ([1]), on obtient une

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1184.
([2]) *Annalen der Chemie*, t. 379, 1911, p. 11.

méthylchlorocyclohexanone (P. E. 94-96° sous 16^{mm}; $d_{14} = 1,099$; $n_D^{14} = 1,478$; R. M. trouvée : 37,68; R. M. calculée pour $C^7H^{11}OCl$: 37,35) qui, par distillation à la pression ordinaire et en présence de quinoléine, conduit à la même méthylcétone cyclohexénique (semicarbazone, P. F. 182°) obtenue plus haut. Ce fait nous autorise donc à assigner à ces deux chlorhydrines stéréo-isomères la formule de constitution



En outre, en faisant réagir l'iodure de méthylmagnésium sur chacun des deux dérivés monochlorés stéréo-isomères, liquide et solide, obtenus par nous en chlorant directement la β-méthylcyclohexanone inactive, nous avons pu isoler, suivant la réaction déjà signalée par Bouveault et Chéreau [1] en partant de l'α-chlorocyclohexanone, deux diméthyl-1.4-cyclohexanones-2 :



Avec le dérivé chloré liquide, on obtient la diméthyl-1.4-cyclohexanone-2 (semicarbazone, P. F. 155°) identique à celle obtenue par MM. Sabatier et Mailhe en hydrogénant le xylénol correspondant [2]; avec le dérivé chloré solide, au contraire, on engendre la diméthyl-1.4-cyclohexanone-2 (semicarbazone, P. F. 122°) identique à celle obtenue par nous en oxydant l'un ou l'autre des deux diméthylcyclohexanols issus des deux chlorhydrines stéréo-isomères du Δ_3-méthylcyclohexène.

Nous avons, également, du reste, reproduit directement cette dernière diméthylcyclohexanone par action de l'iodure de méthylmagnésium sur la méthylchlorocyclohexanone décrite plus haut et obtenue par oxydation du mélange des deux chlorhydrines.

En résumé, tous ces faits s'accordent parfaitement entre eux et confirment les formules de constitution que nous avons attribuées aux différents composés que nous avons fait connaître.

---

(1) *Comptes rendus*, t. **142**, 1906, p. 1086.

(2) *Comptes rendus*, t. **142**, 1906, p. 555.

GÉOLOGIE. — *Objections à la théorie de la dérive des continents.* Note de M. **Ph. Négris**, présentée par M. Pierre Termier.

J'ai montré dans une Note précédente [1] que la théorie de la dérive des continents de M. A. Wegener se heurtait à des impossibilités. J'examinerai aujourd'hui les arguments eux-mêmes du savant professeur.

M. Wegener, rapprochant par la pensée la côte orientale de l'Amérique du Sud de la côte occidentale de l'Afrique, de manière que le cap Saint-Roque pénètre dans le golfe de Guinée, voit ces deux côtes se raccorder, les baies de l'une répondant aux renflements de l'autre et réciproquement. Or on sait que les communications entre les deux continents avaient cessé dès l'ère secondaire. Des dizaines de millions d'années se seraient donc passées depuis la séparation présumée, et il y a lieu de se demander s'il est possible que, pendant ce laps de temps énorme, la figure des rivages se soit conservée sans que les vagues, les fleuves, les intempéries l'aient modifiée. La concordance d'ailleurs ne se poursuit que sur un parcours limité et il semble légitime d'attribuer cette concordance à un jeu de la nature. Il est vrai que M. Wegener retrouve cette concordance entre d'autres rivages, grâce à des torsions plus ou moins compliquées qu'il fait subir aux continents; nous ne le suivrons pas dans cet effort qui ne nous paraît pas justifié.

D'autre part la concordance des chaînes de montagnes huroniennes, calédoniennes, hercyniennes de l'Europe avec celles de l'Amérique du Nord, et de celles de l'Afrique avec celles de l'Amérique du Sud, paraît être un argument plus frappant. Cependant, à cet argument, M. Kossmat a objecté, avec beaucoup de raison, que les Pyrénées et d'autres chaînes n'ont pas leur pendant en Amérique, et une seule exception à la règle générale affaiblit beaucoup la valeur de l'argument. Je rappelle d'ailleurs que Walther Penck a fait observer que le raccord de la chaîne du Cap, en Afrique, avec la chaîne correspondante de l'Amérique du Sud, n'existe pas. Cette dernière se trouverait plus de 300^{km} trop au Sud pour vérifier la théorie de M. Wegener.

D'autre part, en ce qui concerne la concordance des moraines frontales de la grande glaciation quaternaire de l'Amérique et de l'Europe, on peut faire la remarque suivante. Wegener admet que l'époque de la séparation de ces deux continents est l'époque même de cette glaciation, laquelle ne

---

[1] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1195.

peut être éloignée de nos jours que d'un laps de temps qui se compte par dizaines de mille années; et l'on arrive alors à cette conséquence que, tandis que l'Amérique du Sud aurait parcouru l'espace occupé aujourd'hui par l'Atlantique en dizaines de millions d'années, l'Amérique du Nord n'aurait mis, pour faire un parcours peu différent, qu'un temps mille fois moindre, s'étant détachée des dizaines de millions d'années après l'Amérique du Sud.

Quelle que soit la cause du mouvement, il semble étonnant que deux phénomènes si semblables, ayant lieu au milieu de circonstances si semblables, présentent dans leurs résultats des écarts tellement considérables, et il ne semble pas que l'on doive accorder trop de valeur à la concordance, à supposer qu'elle existe. Mieux vaut encore la considérer comme fortuite.

Enfin un argument, le plus sérieux de tous, en faveur de la théorie allemande, est celui du régime des glaces polaires pendant la période carbonifère. Les géologues, tenant compte de l'extension des formations glaciaires sur la Terre de Gondwana de Suess, qui s'étendait de l'Amérique du Sud à l'Australie par l'Afrique et les Indes, ont été amenés à placer à cette époque le pôle Sud au centre des glaciations carbonifères, un peu à l'Est du cap de Bonne-Espérance. Mais aux antipodes, au Mexique, où devait correspondre le pôle Nord, on ne trouve pas trace de terrains glaciaires. Avec la théorie de Wegener cela s'explique, parce que, à la période carbonifère, l'Amérique du Nord n'était pas encore détachée de l'Europe. Mais on peut donner une autre explication à cette anomalie. En pleine époque quaternaire, au commencement même de l'époque néolithique, existait en Sibérie et dans les îles plus au Nord, baignées par l'Océan glacial arctique, un climat assez doux pour favoriser une végétation permettant de nourrir de nombreux et grands pachydermes. J'ai expliqué ailleurs cette circonstance par l'arrivée, jusqu'aux côtes de la Sibérie, du Gulf-Stream, qui, à l'époque de sa formation, pouvait s'étendre aussi loin, grâce à un niveau plus élevé. Une explication pareille, adaptée à la période carbonifère, rendrait compte d'un climat tempéré au pôle boréal à cette époque, sans le secours de la théorie de Wegener.

Quant à la prétendue différence entre les mesures des longitudes du Groenland, faites dans ces dernières années, et celles qui datent d'un siècle, elle ne peut pour le moment être prise en considération, en raison de l'imprécision de ces mesures.

Ainsi donc la théorie de Wegener ne peut être considérée comme établie sur des faits certains, et les arguments que j'ai donnés contre elle dans ma Note précédente gardent toute leur valeur.

PHYSIQUE TERRESTRE. — *Relations entre le magnétisme et l'état de l'atmosphère.* Note de M. **Albert Nodon**, transmise par M. Daniel Berthelot.

Il paraît exister d'étroites relations entre les variations d'intensité magnétique terrestre et l'état de l'atmosphère. Ces relations sont variables suivant la climatologie de la région envisagée.

Les résultats obtenus dans le sud-ouest de la France paraissent applicables aux autres régions ouest de l'Europe, soumises à un régime climatologique analogue.

Les variations de la composante horizontale et de l'intensité magnétique furent étudiées à l'aide du magnétographe, composé essentiellement d'un équipage aimanté suspendu verticalement, et orienté suivant une direction perpendiculaire à celle du méridien magnétique, par un champ directeur. L'équipage porte une aiguille horizontale, mobile sur un cadran divisé, permettant d'accuser les plus faibles variations du champ terrestre.

Un second modèle de magnétographe, plus sensible encore, porte un petit miroir vertical solidaire de l'équipage aimanté, destiné à projeter un spot lumineux sur une échelle divisée, placée à plusieurs mètres de distance. L'instrument est complété par une petite boussole orientée par un champ directeur, suivant une direction perpendiculaire à celle du méridien magnétique. Grâce à son très faible moment d'inertie, cette boussole-magnétomètre décèle les variations les plus rapides du magnétisme terrestre. Les principaux résultats sont les suivants :

1° Un accroissement dans l'intensité magnétique concorde toujours avec une élévation de la température se manifestant d'abord dans les hautes régions de l'atmosphère, puis s'abaissant progressivement jusqu'au sol.

2° Une diminution dans l'intensité magnétique concorde avec un abaissement de la température dans les hautes couches atmosphériques, atteignant progressivement les couches inférieures.

3° Les troubles électromagnétiques, qui sont caractérisés par des variations brusques et régulièrement espacées de l'intensité magnétique et de la charge électrique terrestre, sont généralement suivis de perturbations atmosphériques et sismiques, dont le foyer est parfois très éloigné du lieu d'observation.

4° En tenant compte de l'importance et de la rapidité des variations magnétiques, de l'absence, de la présence et de la durée des troubles électromagnétiques secondaires, et en ajoutant à ces données des indications aussi complètes que possible, sur l'état hygrométrique, la température, la pres-

sion dans les couches supérieures et inférieures de l'atmosphère, et la direction des vents à diverses altitudes, on possède alors un nombre suffisant d'éléments pour permettre de prévoir les modifications qui se produiront vraisemblablement pendant les 48 heures qui suivront, dans une région déterminée. Il existe, du reste, un nombre considérable de cas possibles, dont les conséquences météorologiques varient suivant les régions considérées et la saison.

De nombreux schémas, résultant de plusieurs années d'observations, ont déjà permis de tirer un nombre important de déductions pour les régions sud-ouest.

Les troubles électromagnétiques qui apparaissent d'abord dans la haute atmosphère, ainsi que les effets thermiques qui les accompagnent, semblent résulter d'actions extra-terrestres, principalement d'origine solaire.

Les maxima et les minima magnétiques semblent liés aux maxima et minima d'activité des foyers solaires visibles ou invisibles; les périodes de succession des deux ordres de phénomènes étant identiques et variant entre 27 et 30 jours.

On constate, par exemple, que pendant les retours périodiques de gros foyers solaires calmes, au voisinage du méridien central, les actions magnétiques et calorifiques sont importantes, et qu'elles correspondent à des périodes de temps beau et chaud. Inversement, les passages de régions solaires, doués d'une très faible activité, particulièrement pendant les périodes de minimum, concordent avec des actions magnétiques et calorifiques faibles et avec des hivers rigoureux.

Les perturbations accusées par la boussole-magnétomètre se manifestent principalement pendant les périodes de formation, de disparition et d'agitation des foyers solaires. Lorsque ces perturbations sont importantes et de longue durée, elles sont accompagnées, dans les deux hémisphères et dans les régions tropicales, de troubles atmosphériques généraux, dont le caractère est variable suivant la contrée.

Il semble, en résumé, que les observations méthodiques et raisonnées du magnétographe, combinées avec les observations météorologiques habituelles, deviendront susceptibles d'augmenter sensiblement le degré de précision des prévisions météorologiques générales et locales. La généralisation de ces méthodes d'observation, sur de nombreux points du globe, ainsi que leur centralisation au moyen de la télégraphie et de la téléphonie sans fil, permettront d'étendre leurs applications à la surface du globe et d'en tirer probablement de précieuses déductions pour la Météorologie générale et la Physique terrestre.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur un procédé de prévision de la nébulosité et de la pluie.* Note de M. L. **Petitjean**, présentée par M. Bigourdan.

Les discontinuités définies par Bjerknes sont accompagnées des mouvements ascendants qui commencent à se manifester en avant d'un front par l'apparition de nuages. Après avoir atteint leur vitesse maximum, ces mouvements deviennent insuffisants pour s'opposer à la chute de l'eau condensée, et la pluie se met à tomber.

Il y a, d'autre part, proportionnalité en un lieu déterminé entre la vitesse du courant ascendant et la variation de la vitesse horizontale du vent le long d'un tube de flux. Par suite, si l'on dresse une carte synoptique des différences vectorielles entre les vents observés en chaque point à des intervalles de temps peu espacés, on obtient une représentation en rapport avec l'intensité des courants ascendants.

En particulier, dans la zone qui précède une discontinuité D, on observe une rotation des vents dans le même sens correspondant à une direction sensiblement uniforme des différences vectorielles. A une certaine distance de D, celles-ci changent brusquement d'orientation lorsqu'on franchit la limite de la zone des mouvements ascendants.

Si les intervalles de temps devenaient infiniment petits, le champ des vecteurs définis précédemment tendrait vers le champ d'accélération horizontale du vent. Or le mouvement d'une discontinuité tend à s'opérer dans le sens du travail maximum, et cette condition est remplie si, au temps $t + dt$, une ligne vient se placer à l'endroit qu'occupait au temps t une ligne d'accélération nulle.

Revenons à des intervalles finis Δt, suffisamment petits pour pouvoir admettre la proportionnalité entre l'accélération moyenne et la différence vectorielle des vents observés aux temps $t - \Delta t$ et t; on voit, au temps $t + \Delta t$, une discontinuité venir se placer au voisinage de l'endroit occupé au temps t par la ligne limite des mouvements ascendants (déterminée au moyen des différences vectorielles des vents observés aux temps $t - \Delta t$ et t).

Une application de ce procédé, faite sur un certain nombre de cartes, montre une juxtaposition remarquable des lignes de discontinuité aux temps $t + 12^h$ et des lignes limites déterminées par les observations des vents aux temps $t - 12^h$ et t. On possède ainsi un moyen de prévoir, 12 heures d'avance, l'emplacement des zones de précipitation. En opérant sur des intervalles plus restreints, par exemple 6 heures ou 3 heures,

on pourrait déterminer de proche en proche et assez approximativement les lignes isochrones de la pluie dans les 12 heures à venir.

Il existe des cas où une discontinuité de vent n'apparaît pas nettement aux endroits déterminés par ce procédé, mais on y relève généralement une zone de précipitations ou d'accroissement de la nébulosité, ce qui suffit au but poursuivi.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la répartition de la fertilité dans la couche arable selon la profondeur.* Note [1] de M. A. **Lebediantzeff**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

Mes recherches relatives à l'influence de la dessiccation du sol à l'air sur l'accroissement des rendements [2] m'ont conduit à étudier la répartition de la fertilité dans la couche arable à diverses profondeurs. J'ai fait à ce sujet, en 1920, à la station agronomique de Chatilovskaia, les expériences résumées ci-après.

1. Sur un champ de jachère a été circonscrite une parcelle de $2^{m} \times 2^{m}$. On en a enlevé partiellement la couche superficielle jusqu'à 20^{cm} de profondeur; on a mêlé ensemble les différentes parties de cette couche, de façon à la rendre bien homogène, et on l'a remise en place. Ensuite la parcelle a été protégée contre les pluies, qui auraient pu entraîner les substances solubles du sol, au moyen d'un toit en verre subsistant le jour, lorsqu'il pleuvait, et chaque nuit; puis elle a été laissée en jachère nue. Toutes les deux semaines environ, on a prélevé des échantillons dans les diverses couches de la parcelle et l'on en a rempli (immédiatement et sans dessiccation préalable) des pots où l'on a semé du millet. On a ainsi obtenu les résultats du Tableau I (10 plantes par pot; humidité constante de la terre, 33 d'eau pour 100 de terre sèche, optimum d'humidité pour la végétation sur le tchernozem en expérience).

La fertilité la plus grande et aussi le plus grand accroissement de fertilité survenu au cours de l'expérience se sont manifestés dans la couche supérieure (de 0 à 5^{cm}).

---

(1) Séance du 24 mars 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 793, 960 et 1091.

I. — *Rendements (grain et paille) des différentes couches, celui de la couche inférieure (40-50cm) étant pris comme unité.*

Profondeur des couches prélevées.	Dates des prélèvements des échantillons. 15 avril.	3 mai.	15 mai.	30 mai.	12 juin.	Accroissement de la fertilité en 2 mois (rapport de b à a)
cm	a				b	
0- 5.....	4,5	7,2	10,5	14,4	20,3	4,5
5-10.....	4,5	6,0	7,5	11,7	15,5	3,3
10-15.....	4,5	4,8	6,8	9,6	13,8	3,0
15-20.....	4,5	4,6	6,3	8,4	10,3	2,3
20-30.....	1,5	2,0	4,0	2,4	2,8	1,9
30-40.....	1,2	0,8	1,6	1,4	1,8	1,0
40-50.....	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

2. Sur une partie de la parcelle ci-dessus, le 15 mai, on a enlevé une épaisseur de 20cm de terre arable par couches de 5cm, pour remettre cette terre immédiatement à sa place en renversant l'ordre des couches, c'est-à-dire de manière que la couche de 0 à 5cm fût en bas et celle de 15 à 20cm en haut. Des échantillons de ce sol ainsi renversé ont été prélevés en même temps que ceux de l'expérience précédente et l'on en a rempli des pots qu'on a ensemencés le même jour de millet. Les résultats de cette culture, rapprochés de ceux de l'expérience précédente, figurent dans le Tableau II.

II. — *Rendements (grain et paille) des différentes couches, celui de la couche de 40-50cm étant pris come unité.*

	Culture sur sol prélevé le 15 mai.		30 mai.		12 juin.	
Couche.	non renversé.	renversé.	non renversé.	renversé.	non renversé.	renversé.
cm						
de 0 à 5.......	10,5	6,3	14,4	8,2	20,3	23,1
de 5 à 10.......	7,5	6,8	11,7	12,1	15,5	22,2
de 10 à 15.......	6,8	7,5	9,6	12,7	13,8	15,6
de 15 à 20.......	6,3	10,5	8,4	6,3	10,3	9,6

Déjà au bout de deux semaines, on a constaté dans les sols renversés des modifications de la fertilité, la terre de la couche inférieure (15-20cm), transportée à la surface, accusant une augmentation de rendement. Deux semaines plus tard, la répartition ordinaire de la fertilité dans l'ensemble des couches, avec maximum à la partie supérieure et décroissance progressive vers le bas, était rétablie. Des résultats analogues ont été obtenus dans deux autres campagnes.

Ainsi la fertilité d'une couche s'est créée, pour ainsi dire, en quelque mesure, par la place qu'on a donnée à cette couche sur l'échelle des hauteurs.

De nouvelles expériences tendent à montrer que c'est encore à l'influence de la dessiccation par l'air, déjà étudiée dans mes précédentes Notes, qu'il convient d'attribuer ici l'enrichissement des couches superficielles.

BIOLOGIE DES SOLS. — *Sur la production de l'urée au cours de l'ammonification par les Microsiphonées.* Note de M. G. GUITTONNEAU, présentée par M. Lindet.

Dans une précédente Note [1], j'ai attiré l'attention sur une série de microorganismes abondamment représentés dans les sols riches en matière organique. Ces microorganismes ont le caractère commun de former un mycélium dont les filaments végétatifs, extrêmement fins et plus ou moins ramifiés, ne présentent jamais de cloisonnements transversaux. Pour cette raison, je les ai rattachés au groupe que, fort logiquement, le Congrès de Bruxelles de 1910 a proposé de désigner sous le nom de *Microsiphonées*.

Les caractères physiologiques des Microsiphonées sont, comme je l'ai indiqué, fort divers, et ce sont eux, surtout, qui devront servir de base à la subdivision systématique du groupe.

Il m'a été possible de préciser quelques points dans le phénomène de l'ammonification de la matière azotée sous l'action de certaines espèces que j'ai étudiées. J'ai pu, en particulier, mettre en évidence que, dans les conditions de mes expériences, certaines d'entre elles, qui ne consomment alors que de la peptone comme aliment organique, peuvent produire des quantités notables *d'urée*, tout en accumulant dans le milieu de culture des sels ammoniacaux neutres à la phtaléine. La nature des acides entrant dans ces sels sera étudiée ultérieurement.

I. Pour servir de base commune à toutes mes études (à celle-ci comme à d'autres), j'ai d'abord cherché à constituer, partant de l'eau distillée, une solution minérale bien définie, capable de faire face aux besoins alimentaires des organismes étudiés. Cette solution doit renfermer, comme le liquide qui imprègne le sol, tous les éléments signalés jusqu'à ce jour

[1] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 895.

comme indispensables ou même simplement utiles à la bonne croissance des végétaux supérieurs. J'y ai fait entrer, en proportion convenable, Fl, Cl, I, S, P, Bo, Si, K, Na, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn, Al, sous les formes de fluorure, chlorures, iodure, sulfates, borate, silicate; — de K, de Na, de Mg, de Ca, de Fe, de Mn et d'Al.

Dans une série de cultures, j'ai ajouté à cette solution 1 pour 100 de peptone comme unique aliment organique. Dans une autre série, je l'ai additionnée à la fois de 1 pour 100 de peptone et de 1 pour 100, environ, de glucose.

II. Dans les milieux nutritifs ainsi constitués et stérilisés, j'ai ensemencé quatre espèces, déjà indiquées dans ma Note précédente sous les nos 1, 2, 3 et 6, et je les ai abandonnées à la température du laboratoire. Les microorganismes s'y sont développés assez lentement, sous forme de granules ou de flocons. Le no 6 a en outre formé, progressivement, une véritable croûte à la surface du liquide, et il a abondamment sporulé.

III. Au bout de 25-30 jours, les cultures ont été analysées et les résultats sont réunis dans le tableau ci-après.

L'acidité, déterminée en présence de phtaléine comme indicateur, est exprimée en centimètres cubes de NaOH $\frac{N}{10}$ pour 10cm³ de culture. Le glucose, dosé par la méthode de G. Bertrand, est exprimé en grammes pour 100cm³ de culture. L'ammoniaque a été séparée des cultures par distillation dans le vide à 35-37° en présence d'un excès de MgO; elle est exprimée en milligrammes d'azote pour 100cm³ de culture. L'urée a été caractérisée et dosée par la méthode au xanthydrol de Fosse; elle est exprimée en milligrammes pour 100cm³ de culture.

	Milieu minéral + Peptone.			Milieu minéral + Peptone + Glucose.			
	Acidité.	Azote ammoniacal.	Urée.	Acidité.	Azote ammoniacal.	Glucose restant.	Urée.
Témoin..	0,2	2,1	traces	0,3	2,3	0,95	traces
No 1.....	0,1	21,0	15	1,0	13,6	0,71	traces
No 2.....	0,2	7,4	12	0,3	8,3	0,90	8,0
No 3.....	0,1	3,4	traces	0,3	3,4	0,89	traces
No 6.....	0,1	37,8	traces	0,2	25,2	0,00	traces

Les chiffres de ce tableau montrent combien les espèces étudiées se différencient déjà par leur mode d'action sur les peptides et sur les glucides.

Conclusion. — La production d'urée aux dépens de la peptone par certaines Microsiphonées présente un intérêt théorique au point de vue de la

physiologie de ces microorganismes, que cette forme de l'azote soit considérée comme un déchet ou comme un intermédiaire dans l'assimilation des produits d'hydrolyse des peptides.

Au point de vue pratique, on sait que cette urée peut, avec une extrême facilité, rentrer dans le cycle général de la végétation, puisqu'elle est inévitablement transformée dans le sol en carbonate d'ammoniaque et que d'ailleurs, comme l'a montré Fosse, la plupart des végétaux sécrètent de l'uréase.

Mais on sait aussi que cette mise en liberté d'urée devient une cause de déperdition d'azote gazeux si elle se produit au contact de l'acide nitreux, déplacé des nitrites par l'acidité qui résulte de diverses fermentations de la matière carbonée (Grimbert). De tels phénomènes peuvent, dans certains cas, se produire dans le sol. Ils tendent également à expliquer les énormes pertes d'azote, signalées notamment par Muntz et Lainé, au cours de l'épuration des eaux d'égout.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Équilibre des constituants cellulaires et intensité des oxydations de la cellule. Imbibition et oxydation. Cas des plantes reviviscentes.* Note (¹) de MM. **André Mayer** et **L. Plantefol**, présentée par M. M. Molliard.

L'intensité des oxydations, mesurée par les échanges gazeux de la cellule avec le milieu extérieur, dépend de la vitesse des oxydations elles-mêmes, de leur nature, et de la vitesse de diffusion des gaz de la respiration. Nous nous sommes demandé si ces phénomènes ne sont pas corrélatifs de l'équilibre intracellulaire, c'est-à-dire de la proportion des constituants cellulaires fondamentaux.

Pour répondre à la question posée, nous avons cherché à faire varier cette proportion. Il s'agissait d'augmenter ou diminuer à volonté la teneur en l'un des constituants cellulaires et en celui-là seulement. On sait que, chez la plupart des Mousses, dans les conditions naturelles, la teneur en eau peut varier grandement et qu'à cette variation est liée la reviviscence qui les caractérise. Ces plantes constituaient un objet favorable. Nous avons donc étudié les échanges gazeux de l'*Hypnum triquetrum* L. amenée à divers degrés d'hydratation.

(¹) Séance du 7 avril 1924.

Chaque expérience porte sur des tiges garnies de feuilles vertes recueillies très peu de temps auparavant, dans une même station, amenées par une immersion dans l'eau à une imbibition comparable, puis desséchées progressivement jusqu'au point convenable. Des échantillons prélevés à un moment précis et correspondant à divers degrés d'hydratation sont enfermés dans des enceintes closes, à l'obscurité, à 20°. Les échanges gazeux sont mesurés, après 24 heures, par analyse des gaz de l'enceinte.

Dans ces expériences, la teneur en eau de la mousse constitue bien la seule variable, car ces divers échantillons, après immersion dans l'eau, reprennent tous la même intensité respiratoire, témoignant ainsi de l'intégrité des cellules qui ont été desséchées.

Les résultats expérimentaux sont exprimés dans le tableau ci-dessous qui a trait à deux de nos expériences, choisies parmi celles pour lesquelles l'hydratation a varié dans de larges limites.

Tableau I.

	Expérience I.				
Teneur des mousses en eau (pour 100).............	24,1	40,2	55	71,6	82,7
CO^2 par heure et par gramme de mousses (cm^3).......	0,016	0,057	0,069	0,061	0,040
	Expérience II.				
Teneur des mousses en eau (pour 100).............	18	26,1	46,8	60,5	81,2
CO^2 par heure et par gramme de mousses (cm^3).......	0,006	0,026	0,099	0,118	0,056

Si nous considérons les divers échantillons d'un même lot de mousses, pris tels quels, c'est-à-dire à divers degrés d'hydratation, nous voyons que ces mousses ne présentent pas des oxydations de même intensité. Il y a une proportion d'eau pour laquelle 1^g de mousses présente un maximum d'intensité respiratoire; cette proportion est comprise entre 50 et 60 pour 100 d'eau.

D'autre part, si l'on considère l'intensité des oxydations d'un gramme de substance sèche, on voit que celle-ci, dans les limites de l'hydratation réalisée au cours de nos expériences, croît avec l'hydratation, mais de moins en moins vite, jusqu'à ne plus s'accroître, comme le montre le tableau ci-après.

TABLEAU II.

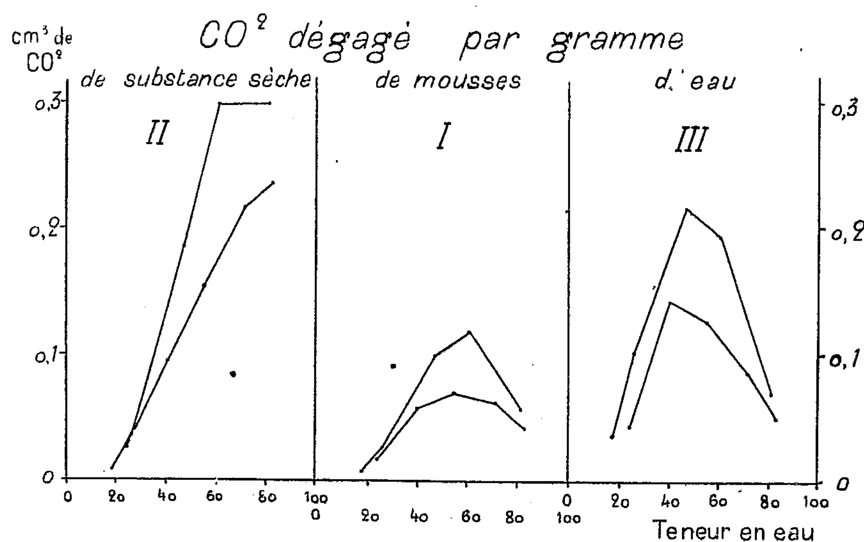
Expérience I.

Teneur des mousses en eau (pour 100)............	24,1	40,2	55	71,6	82,7
CO^2 par heure et par gramme de substance sèche (cm³).	0,026	0,095	0,153	0,216	0,235

Expérience II.

Teneur des mousses en eau (pour 100)............	18	26,1	46,8	60,5	81,2
CO^2 par heure et par gramme de substance sèche (cm³).	0,008	0,036	0,185	0,299	0,299

Si par contre on considère un gramme d'eau incorporée à la mousse



comme constituant cellulaire, on voit que l'intensité des oxydations que détermine sa présence dans la cellule passe par un maximum. C'est ce que montre le Tableau III.

TABLEAU III.

Expérience I.

Teneur des mousses en eau (pour 100)............	24,1	40,2	55	71,6	82,7
CO^2 par heure et par gramme d'eau (cm³)...........	0,043	0,142	0,126	0,085	0,049

Expérience II.

Teneur des mousses en eau (pour 100)..............	18	26,1	46,8	60,5	81,2
CO^2 par heure et par gramme d'eau (cm^3)............	0,035	0,101	0,216	0,194	0,069

Les trois faits que nous venons d'énoncer apparaissent nettement en examinant les courbes ci-dessus.

On voit que lorsqu'on peut faire varier la proportion des constituants cellulaires fondamentaux, comme dans le cas des mousses reviviscentes, on met en évidence un effet de cette variation sur l'intensité des oxydations. *Il y a une proportion déterminée de l'eau et des autres constituants pour laquelle, toutes choses égales d'ailleurs, il existe un maximum des oxydations cellulaires.* Il reste à examiner dans quelle mesure cette proposition peut être généralisée et aussi comment la variation des constituants cellulaires autres que l'eau influe sur le phénomène que nous venons de dégager.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Nouvelles observations sur les réflexes pupillaires.* Note de M. **J. Couvreux**, transmise par M. André Blondel.

Dans une Note précédente (¹) nous avons donné la loi de la contraction d'un œil désaccommodé en fonction de l'éclat du fond d'adaptation.

Les modifications apportées au pupillomètre de Fick par M. André Broca (²) permettent l'étude, avec cet appareil, du réflexe pupillaire à la lumière pendant que l'œil accommode d'une façon définie.

Un œilleton fixe la position de l'œil en observation; d'autre part on donne à la lentille placée derrière la lame réfléchissante une puissance telle qu'elle amène l'image du test de l'écran à la distance d'accommodation que l'on veut étudier.

Alors les taches de diffusion seront tangentes lorsque les rayons limites passant par les centres des images des trous et le bord pupillaire correspondant convergeront sur la rétine de l'œil accommodé, donc émaneront de points situés à la distance d'accommodation; de sorte que si l'on appelle :

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 416.
(²) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 415.

d la distance d'accommodation,
a la distance de la pupille aux images des trous,
p l'écartement des trous,
P le diamètre pupillaire,

on aura la relation

$$P = p\frac{d}{d-a}.$$

Dans le tableau ci-dessous, le nombre situé à l'intersection d'une horizontale eorrespondant à une accommodation donnée et d'une verticale correspondant à un éclairement donné du fond, donne le diamètre pupillaire en millimètres pour la vision monoculaire par l'œil en observation.

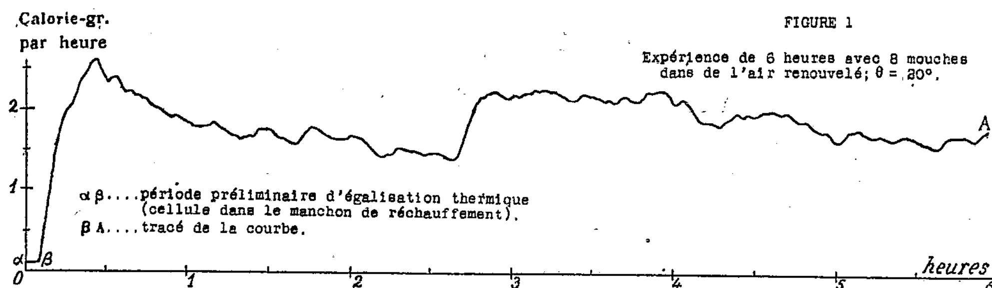
	Éclairement de l'écran en lux.					
	0,5.	1.	4.	10.	50.	200.
Accommodation en dioptries. 0....	5,15	4,9	4,20	3,8	3,15	2,75
1....	4,3	4,0	3,7	3,4	2,95	2,6
2....	3,8	3,55	3,3	3,0	2,7	2,45
3....	3,75	3,2	3,0	2,8	2,5	2,3
5....	3,0	2,75	2,65	2,5	2,3	2,2
7....	2,7	2,6	2,45	2,3	2,2	2,1

Dans la Note précédente nous avons montré que dans la vision binoculaire il se produisait une augmentation de constriction, variable avec l'éclairement du fond. Cette constriction supplémentaire est également fonction de l'accommodation; elle diminue quand l'accommodation augmente. Ainsi, si l'œil est désaccommodé, la diminution de diamètre, qui est de $0^{mm},4$ pour un éclairement de 1 lux et de $0^{mm},3$ pour 50 lux, n'est plus que de 0,3 et 0,25 pour les mêmes éclairements si l'accommodation est de 3 dioptries. Pour 7 dioptries la différence qui n'est plus que de 0,1 pour 1 lux est insensible pour 50 lux.

C'est, on le voit, pour des éclairements de quelques lux que la perte de lumière par constriction pupillaire due à l'accommodation est la plus grande; entre 4 et 10 lux cette perte est comprise entre 35 et 40 pour 100 pour 2 dioptries et 45 et 50 pour 100 pour 3 dioptries.

BIOLOGIE. — *Utilisation en biologie de la méthode microcalorimétrique; exemple d'application.* Note de MM. **A. Tian** et **J. Cotte**.

L'étude des dégagements de chaleur fournit à la physiologie des données d'une très grande importance. Il est particulièrement intéressant de faire porter ces recherches sur des fragments d'organes ou de petits êtres vivants. L'emploi d'un microcalorimètre est alors nécessaire. Nous n'insisterons pas sur la bibliographie des efforts qui ont été faits dans cette direction; mais nous citerons spécialement les travaux de Hill (1911, etc.) comme présentant un intérêt particulier.



Nous avons utilisé en biologie le microcalorimètre construit par l'un de nous (¹). Cet appareil permet de suivre aisément les variations du débit calorifique (quantité de chaleur dégagée par heure) et éventuellement de totaliser la chaleur produite : il suffit de se servir à cet effet d'une courbe qui s'inscrit automatiquement sur du papier photographique. L'utilisation d'une cave rendra plus stable le zéro de notre galvanomètre; mais nous sommes déjà arrivés à des résultats bien supérieurs, nous a-t-il semblé, à ceux qu'auraient donnés les instruments analogues déjà connus.

Avec cet appareil on peut compenser, par effet Peltier, la chaleur dégagée et utiliser alors une méthode de zéro. Mais dans le cas des insectes, à activité variable, la compensation est impossible et l'on doit utiliser une méthode de déviation. La figure 1 (²) donne en effet la courbe de débit de quelques mouches (*Musca domestica* L.) dans une atmosphère d'air humide renouvelée : on voit combien ce débit est variable.

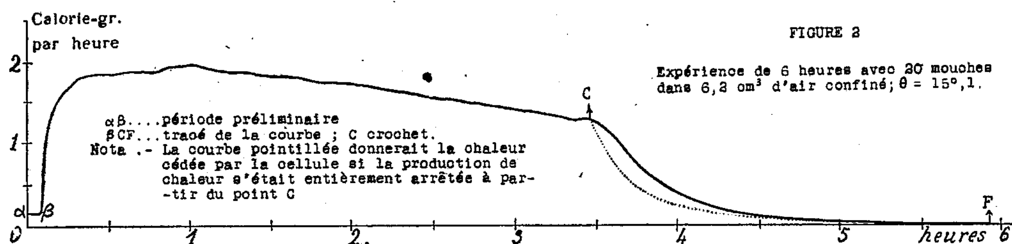
(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 705.

(²) Cette courbe et les suivantes sont les reproductions directes, à l'échelle $\frac{1}{2}$, des tracés fournis par l'appareil.

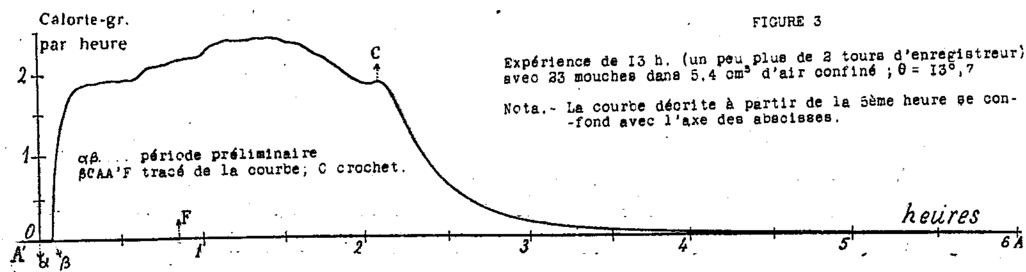
Afin de montrer par un exemple l'emploi de ce microcalorimètre en biologie, nous allons donner le résultat de quelques expériences, effectuées avec des mouches.

Ces insectes étaient placés en assez grand nombre dans un petit volume d'air confiné, et avaient été préalablement nourris avec du sucre et de l'eau; les quantités de chaleur étaient assez faibles, les expériences ayant été faites dans l'arrière-saison. La courbe 2 est obtenue avec 20 mouches enfermées dans une cellule de verre, scellée ensuite à la lampe. Le volume d'air intérieur, air saturé d'humidité et mouches, est de $6^{cm^3},2$. Température de l'appareil : $15°,1$. Le lendemain, après 15 heures de séjour environ, les mouches ont été extraites. Elles étaient complètement inertes; mais après quelques heures d'exposition à l'air toutes sont revenues à la vie. La courbe montre l'existence de deux états bien différents, comme d'ailleurs les courbes des figures 3 et 4, relatives à des expériences analogues.

1° *État de thermogenèse normale.* — La première partie β C de ces courbes, toujours irrégulière mais moins que dans l'air renouvelé, est d'autant plus longue que chaque mouche dispose d'une plus grande quantité

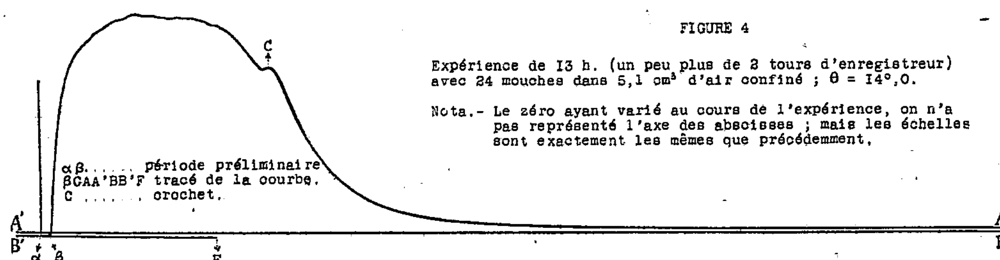


d'oxygène; on pouvait l'admettre *a priori*, et les figures 2, 3 et 4, qui se rapportent à des expériences où le volume d'air par mouche va en décrois-



sant, le montrent d'une manière très nette. Pendant cette période à considérer la courbe dans son ensemble, on trouve le débit assez peu variable;

le remplacement de l'air par de l'oxygène pur n'aurait d'ailleurs pas accru ce débit moyen.



2° *État de thermogenèse extrêmement réduite.* — Puis, assez brusquement la cellule se refroidit. La portion de courbe décrite à partir de ce moment est d'une régularité parfaite; elle est absolument comparable à celle obtenue pendant l'étalonnage, après le passage d'un courant dans une résistance placée à l'intérieur de la cellule. Cependant en rapportant sur la précédente, à partir du point C, la courbe de refroidissement normal (voir *fig.* 2 la courbe pointillée), on trouve que celle-ci s'incline un peu plus vite vers le zéro. Il y aurait donc pendant un certain temps encore un débit de chaleur sensible, qui finirait d'ailleurs par être rapidement imperceptible (le $\frac{1}{50}$ au plus de celui constaté pendant la première période) et qui vraisemblablement doit être moindre encore. Il aurait fallu, pour le mesurer, remplacer notre galvanomètre par un plus sensible, mais notre installation actuelle ne nous permettait pas de viser à une sensibilité extrême.

Il est tout à fait remarquable que *tous* les insectes passent en même temps du premier état de thermogenèse au second. La composition du mélange gazeux doit vraisemblablement être la cause de ce changement portant simultanément sur toutes les mouches. L'analyse des gaz restant dans la cellule montre effectivement l'utilisation presque complète de l'oxygène : quelques millièmes en volume y sont seuls retrouvés. Le stade de thermogenèse réduite serait donc un état d'asphyxie presque complète.

Un détail à noter est l'existence d'un crochet ascensionnel (marqué par la lettre *c* sur les courbes), qui précède chaque fois la forte chute du débit calorifique. A ce moment existe certainement une agitation simultanée des animaux, reproduction chez les mouches de la période de convulsions connue chez les Vertébrés au cours de leur asphyxie en milieu confiné.

Nous ne connaissons pas de méthode qui eût permis de suivre avec une égale facilité et une pareille précision dans les détails une observation biologique du genre de celle que nous venons d'exposer.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur un nouveau mécanisme d'oxydation-réduction sans catalyseurs.* Note de MM. **Pierre Girard** et **Marcel Platard**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons montré par différents exemples que des échanges entre deux milieux électrolytiques séparés par une paroi possédant, à la façon des parois vivantes, la propriété d'être sélectivement perméable aux ions de ces milieux, conditionnait des processus d'oxydation-réduction s'apparentant par leur anomalie chimique avec ceux dont la matière vivante est le siège. L'essentiel du schème que nous avons décrit peut se résumer ainsi : le triage ionique qu'effectue la paroi tend à faire naître un déséquilibre électrostatique dans les milieux qu'elle cloisonne; ce déséquilibre se répare non pas par un simple échange d'ions ([2]) auquel précisément la perméabilité sélective de la paroi s'oppose, mais par le passage d'électrons (véhiculés par des molécules d'eau) de certains anions sur certains cations. Au point de vue chimique, la plus importante conséquence de ce déplacement électronique, c'est le changement d'affinité de quelques-uns des constituants du système initial, au cours des processus d'échanges; *d'où la nécessité, sans qu'interviennent de catalyseurs, d'autres groupements chimiques et l'apparition de molécules nouvelles que la constitution initiale du système ne permettait pas de prévoir à la température des expériences.* C'est ainsi qu'au cours d'échanges entre une solution de $(SO^4)^3Fe^2$ et une solution alcaline de fumarate de sodium séparées par une paroi qui joue vis-à-vis des ions de ces milieux (et suivant la modalité décrite dans notre précédente Note) le rôle d'un filtre sélectif, on voit apparaître d'un côté des produits d'oxydation (tartrate, puis produits d'oxydation de l'acide tartrique) et de l'autre des produits de réduction du sel ferrique. On voit combien le processus chimique diffère de celui que fait prévoir l'équation de la réaction directe.

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1212.

([2]) Consistant dans le passage de cations vers la solution où tend à apparaître un excès de charges négatives et dans le passage d'anions vers la solution où tend à apparaître un excès de charges positives.

Nous ne pouvons ici multiplier les exemples d'anomalies chimiques conditionnées par l'interposition entre deux milieux électrolytiques d'un septum sélectivement perméable aux ions. A ceux que nous avons décrits dans notre précédente Note, nous ajouterons toutefois celui-ci, particulièrement facile à reproduire : il suffit d'interposer entre une solution de $(SO^4)^3Fe^2$ et une solution de $FeCy^6K^3$ une paroi quelconque (en parchemin animal par exemple), pour qu'il n'apparaisse pas de ferricyanure ferrique qui est (avec SO^4K^2) le seul produit prévisible. Dans la solution de ferricyanure se forme le complexe ferro-ferrique insoluble de Pelouze (Fe^3Cy^8) alors qu'au niveau de la paroi apparaît du Bleu de Turnbull et, semble-t-il, un cyanure ferreux instable (Cy^4Fe^2). C'est le facile passage des ions $(SO^4)^{--}$ et l'imperméabilité de la paroi, dans des sens opposés, aux ions $(FeCy^6)^{---}$ et aux ions Fe^{+++} qui menacent ici l'équilibre électrostatique. Une fraction des ions $(FeCy^6)^{---}$ en se dissociant pour former de nouveaux groupements saturés comme Fe^3Cy^8 abandonnent leurs électrons de valence. Les ions ferriques les recueillent et passent à l'état ferreux ; ainsi se rétablit l'équilibre des charges.

Jusqu'ici, somme toute, au lieu de considérer, comme nous l'avons fait, des échanges entre des milieux électrolytiques que séparent des parois sélectivement perméables aux ions de ces milieux (ce qui correspond le mieux, croyons-nous, aux conditions mêmes des processus biochimiques), on n'a rien supposé d'autre dans les milieux organiques des animaux et des plantes que des réactions directes, semblables à celles que les chimistes mettent en œuvre et au cours desquelles l'affinité des constituants du système ne saurait changer spontanément. Dès lors, pour rendre compte de l'anomalie des faits biochimiques, aucune autre issue ne se présentait que l'intervention de catalyseurs. C'est l'intérêt essentiel du mécanisme que nous avons décrit que de nous libérer de cette nécessité. Non pas que nous songions à nier le rôle des diastases dans les importants phénomènes découverts et étudiés par Abelous et Aloy, Bach, Wieland, Thunberg, Battelli et Stern, Hopkins, etc. (tout au moins dans les cas où l'intervention d'un tissu organisé ou bien de cellules autonomes n'apparaît pas nécessaire). Mais à côté de diastases réelles ou probables, combien d'autres sont invoquées, entièrement hypothétiques, pour cette seule raison qu'on ne voit pas le moyen de se passer de leur concours. En outre, les divergences d'interprétation des auteurs précités témoignent assez de l'incertitude de nos connaissances, quant au mécanisme de ces actions diastasiques [1].

[1] A cet égard, les polyphénoloxydases découvertes par M. G. Bertrand et dont cet auteur a fait une étude approfondie restent celles dont nous pouvons le mieux nous représenter le mode d'action. On sait aussi de quel secours furent dans la représentation des oxydations catalytiques les expériences de M. A. Job sur les sels céreux qui l'ont conduit au schème précieux des réactions couplées.

On a pu remarquer que nous donnons seulement comme un fait d'expérience la propriété des parois que nous avons utilisées d'être sélectivement perméables aux ions des milieux qu'elles séparent. L'un de nous a montré le rôle qui revient dans ce mécanisme sélectif à l'électrisation d'adsorption dans le cas simple où la paroi est interposée entre de l'eau pure et une solution d'un sel neutre additionnée d'un acide ou d'une base ([1]). Ici le mécanisme est plus compliqué; l'électrisation d'adsorption par les ions H^+ et $(OH)^-$ libres joue encore toutefois un rôle essentiel (lois de Jean Perrin), ainsi que le diamètre des pores du septum et probablement sa constitution chimique.

Comme nous l'avons brièvement indiqué, on est conduit à supposer, pour rendre compte du déplacement des électrons, qui dans l'épaisseur de la paroi effectuent de très petits parcours, l'intervention de molécules d'eau qui leur servent de véhicules. Ainsi s'introduit la notion d'une sorte nouvelle d'ions $(H^2O)^-$ qui doivent exister normalement dans les solutions, se formant et se défaisant sans cesse, mais qui ne jouent un rôle chimique que lorsque l'interposition du septum tend à créer, par le triage sélectif des ions, un déséquilibre électrostatique.

C'est alors le passage de ces ions $(H^2O)^-$ vers les régions où tendent à s'accumuler les cations [qui recueillent les électrons qui abandonnent ces ions (H^2O)] qui répare ce déséquilibre. L'analogie des phénomènes que nous venons d'étudier avec les phénomènes d'électrolyse est facile à saisir.

M. **J.-H. Coblyn** adresse quatre Notes relatives à diverses questions de *Thermodynamique*.

La séance est levée à $15^h 15^m$.

A. Lx.

([1]) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1335.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE MARS 1924 (*suite et fin*).

Thermodynamique énergétique, théorie cinétique des gaz; cours professé à la Sorbonne, par A. LEDUC. Paris, Gaston Doin, 1924; 1 vol. 23cm.

Thèses présentées à la Faculté des sciences de Toulouse pour obtenir le grade de docteur ès sciences physiques, par MARCEL MOULINE. Toulouse, Édouard Privat, 1923; 1 fasc. 27cm.

British (Terra nova) antarctic expedition, 1910-1913. *Report on the maps and surveys*, par F. DEBENHAM, ... London, Harrison et fils, 1923; 1 vol. 30cm.

Moteurs à combustion interne, par PAUL DUMANOIS. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1924; 1 vol. 26cm.

Origine des grands reliefs terrestres; essai de géomorphisme rationnel et expérimental, par CH. GORCEIX. Paris, Paul Lechevalier, 1924; 1 vol. 25cm.

Catalogue de la bibliothèque nationale suisse à Berne : Répertoire méthodique des publications suisses ou relatives à la Suisse, 1901-1920 :

0 : Généralités; 1 : Philosophie; 2 : Religion, Théologie; 3 : Sciences sociales, Droit (3 fasc.); 4 : Linguistique, Classification décimale et Table alphabétique des matières. Berne, Ernest Bircher, 1922, 1923; 5 fasc. 25cm.

Catalogue de la Bibliothèque nationale suisse à Berne : Liste alphabétique des imprimés parus jusqu'en 1900; Histoire et Géographie : A-K; L-Z. Berne, A. Francke, 1910; 2 vol. 23cm,5.

Hématologie clinique, par J. RIEUX. Paris, Gaston Doin, 1924; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. Vincent.)

Report on the danish oceanographical expeditions 1908-1910 *to the mediterranean and adjacent Seas*, published under the superintendence of JOHS SCHMIDT. Copenhagen, Andr. Fred. Host and son, 1912, 1913, 1915, 1918, 1918, 1920, 1923; 7 vol. 35cm.

Préparation et propriétés des composés nitriques du benzène et du toluène, par MICHAEL KOSTEVITCH. Saint-Pétersbourg, 1914; Paris, 1923; 1 vol. 27cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU MARDI 22 AVRIL 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉTÉOROLOGIE ET NAVIGATION AÉRIENNE. — *Sur les tourbillons cycloniques des* cirrus *ne se propageant pas jusqu'au niveau terrestre*. Note de M. **F.-E. Fournier.**

1. Certains tourbillons cycloniques, dont j'ai expliqué la formation dans la couche dominante des *cirrus*, n'acquièrent pas une vitesse giratoire suffisante pour se propager jusqu'au niveau terrestre, en y déchaînant un *cyclone* ou un *typhon*. Ils s'y manifestent alors, seulement, par une *simple dépression* formée d'un ensemble *d'isobares sensiblement concentriques* s'y déplaçant avec une vitesse égale à celle de l'axe central de celui de ces tourbillons dont elle résulte. De plus, lorsque cette dépression est assez rapide et profonde pour y amorcer des *coups de vent d'aspiration*, vers son centre, ceux-ci, en y affluant, en différentes directions, y *soulèvent un tourbillon atmosphérique local*, de peu de hauteur, mais capable de désemparer un *dirigeable* qui s'y laisserait entraîner.

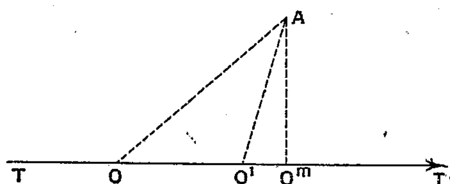
2. C'est, probablement, un coup de vent d'aspiration de cette nature que remontait le « *Dixmude* », en bonne route, à l'altitude de 2000^m, dans sa traversée de retour, *de la côte Tunisienne vers Cuers*, *quand ce dirigeable fut foudroyé*, en traversant une agglomération *de nuages orageux* que son vigilant commandant avait aperçus et dont il s'empressait de conjurer la menace, sans doute, en tentant de la contourner et, de plus, en faisant rentrer *l'antenne de son appareil de T. S. F.*, ainsi qu'il l'annonçait par le dernier télégramme qu'il put y transmettre, avant *l'heure fatale*.

3. Pour éviter une semblable catastrophe aux *grands dirigeables rigides* destinés surtout à survoler les océans, ils devraient donc être construits

et approvisionnés de manière à pouvoir s'y maintenir, en plein vol, à des altitudes dépassant notablement 2000^m et atteignant jusqu'à 6000^m, peut-être, afin de leur enlever toute crainte d'y rencontrer des nuages orageux capables de les foudroyer. Il est vrai qu'ils y seront encore exposés à se heurter à *des cyclones, suivant des routes opposées aux leurs, mais, avec la possibilité de s'en dégager latéralement*, du côté favorable à cette manœuvre de dérobement (¹), à la condition d'avoir pu supporter par leur résistance, sans être désemparés, le premier choc de cette rencontre, en prenant la précaution de l'amortir par une diminution momentanée de leur vitesse.

4. Il me reste à confirmer la relation, $\frac{P-p}{P-p_1}=\frac{r_1}{r}\sin 2l$, de ma Note précédente (²), par la *vérification expérimentale* du rapport $\frac{P-p}{P-p'}=\frac{r'}{r}$, qui s'en déduit, dans chaque cyclone ou typhon.

5. Soient A (voir figure) la position d'un *observatoire quelconque* du niveau terrestre; p une des pressions barométriques qui s'y trouve enregistrée, à l'*intervalle horaire*, X, pendant le passage d'un *cyclone* ou d'un *typhon;*



et $P-p$ la baisse barométrique obtenue en retranchant p de la *pression culminante*, P régnant sur le contour, de rayon R, de l'aire des dépressions de la base du météore. Représentons par $P-p'_1$ celle des baisses, $P-p'$, enregistrée à l'intervalle horaire X'_1 où l'*accroissement relatif* $\frac{d(P-p)}{dX}$ atteint son *maximum*, le centre de dépression du météore étant alors au point O_1 sur la trajectoire rectiligne TT' qu'il suit avec la vitesse, V, *supposée uniforme*, vers le point O_m de cette trajectoire, le *plus rapproché* de l'observatoire, A, qu'il atteindrait à l'intervalle horaire X_m.

Soit enfin O une position quelconque de ce centre de dépression, où la baisse barométrique $P-p$ est moindre que $P-p'_1$, à l'intervalle horaire X

(¹) D'après la position relative de l'observateur au-dessous de la nappe nuageuse des *cirrus* déjà descendus.

(²) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 905.

moindre que X'_1, puisque la distance $AO = r$ est plus grande que la distance $AO_1 = r'_1$.

On a, dans le triangle AOO_1, la relation géométrique

$$r^2 = r'^2_1 + \overline{OO}_1^2 + 2r'_1 OO_1 \cos AO_1 O_m; \tag{1}$$

et comme

$$OO_1 = V(X'_1 - X) \quad \text{et} \quad \cos AO_1 O_m = \frac{O_1 O_m}{r'_1} = \frac{V(X_m - X'_1)}{r'_1},$$

la relation (1) devient

$$\left(\frac{r}{r'_1}\right)^2 = 1 + \left(\frac{V}{r'_1}\right)^2 (X'_1 - X)^2 + 2\left(\frac{V}{r'_1}\right)^2 (X_m - X'_1)(X'_1 - X), \tag{2}$$

et

$$\left(\frac{r}{r_1}\right)^2 = 1 + \alpha(X'_1 - X)^2 + \alpha(X'_1 - X), \tag{3}$$

en représentant par α et β les deux constantes caractéristiques du cyclone, ou du typhon en question

$$\alpha = \left(\frac{V}{r'_1}\right)^2 \quad \text{et} \quad \beta = \left(\frac{V}{r'_1}\right)^2 (X_m - X'_1).$$

6. Dans le cas où le rapport $\frac{P - p}{P - p'} = \frac{r'}{r}$ serait donc satisfait, sans erreur sensible, dans tous les météores indistinctement, jusqu'à la limite $P - p'_1$, de $P - p'$ atteinte, sur chacun d'eux, à la distance r'_1 de son centre de dépression, à l'observatoire quelconque A, à l'intervalle horaire x'_1, la relation (3) deviendrait donc

$$\left(\frac{P - p'_1}{P - p}\right)^2 = 1 + \alpha(X'_1 - X)^2 + \beta(X'_1 - X). \tag{4}$$

Dans ces conditions : la *courbe* des baisses barométriques tracée avec les valeurs de $P - p$ *comme ordonnées verticales* Y et avec les intervalles horaires X *comme abscisses horizontales*, aurait alors pour équation, $Y = f(X)$, l'expression genérale

$$Y = \frac{Y'_1}{\sqrt{1 + \alpha(X'_1 - X)^2 + \beta(X'_1 - X)}}, \tag{5}$$

sur toute l'étendue, *seulement*, de la branche *convexe* et *ascendante ainsi limitée* à l'ordonnée Y'_1 et à l'abscisse X'_1, de chacune des *sept courbes*, $Y = f(X)$, des baisses barométriques données antérieurement comme exemples. Or, on voit en effet sur les tableaux suivants, que les valeurs numériques *observées*, $P - p$ des ordonnées de ces sept courbes, embrassant toute la variété de leurs types réalisables, ne diffèrent de leurs

valeurs correspondantes *calculées* au moyen de l'équation (5) que de fractions de grandeurs relatives négligeables :

I.

x.	P — p.	Calcul.
0...	5,2	5,2
1...	6,4	6,3
2...	8,2	7,9
3...	11,0	10,6
4...	16,0	16,0
5...	29	29
	—	
	—	

$x'_1 = 5$ $\quad y'_1 = 29$

$\alpha = 0,934$

$\beta = 1,351$

II.

x.	P — p.	Calcul.
0...	5	5
1...	6	6,04
2...	7,9	7,61
3...	10,5	10,16
4...	14,7	14,7
5...	22	22
	—	
	—	

$x'_1 = 5$ $\quad y'_1 = 22$

$\alpha = 0,03144$

$\beta = 0,3467$

III.

x.	P — p.	Calcul.
0...	6,6	6,6
3...	7,6	8,0
6...	8,8	8,7
9...	10,6	10,3
12...	12,8	12,6
15...	16,2	16,2
18...	23,2	22,3
21...	33,6	33,6

$x'_1 = 21$ $\quad y'_1 = 33,6$

$\alpha = 0,0424$

$\beta = 0,2958$

IV.

x.	P — p.	Calcul.
0...	6,2	6,2
4...	7,55	7,45
8...	9,75	9,31
12...	12,6	12,31
16...	17,8	17,8
18...	21,6	22,3
22...	33,8	33,8
	—	
	—	
	—	

$x'_1 = 22$ $\quad y'_1 = 33,8$

$\alpha = 0,0544$

$\beta = 0,1075$

V.

x.	P — p.	Calcul.
0...	3,6	3,6
1...	9,9	»
2...	4,2	4,5
3...	4,8	»
4...	5,7	5,9
5...	6,8	»
6...	8,6	8,6
7...	11,2	10,8
8...	14,0	13,9
9...	17	17

$x'_1 = 9$ $\quad y'_1 = 17$

$\alpha = 0,2328$

$\beta = 0,2706$

VI.

x.	P — p.	Calcul.
0...	2,5	2,5
1...	3,0	2,95
2...	3,8	3,58
3...	4,7	4,54
4...	6,0	6,0
5...	7,6	8,07
6...	9,5	9,5
	—	

$x'_1 = 6$ $\quad y'_1 = 9,5$

$\alpha = 0,0262$

$\beta = 0,3095$

VII.

x.	P — p.	Calcul.
0...	3,4	3,4
3...	3,7	3,8
6...	4,1	4,3
9...	4,8	4,9
12...	5,6	5,8
15...	7,0	7,0
18...	9,0	8,8
21...	11,5	11,5

$x'_1 = 21$ $\quad y'_1 = 11,5$

$\alpha = 0,01427$

$\beta = 0,1975$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Fluorescence, et lois générales relatives aux vitesses de réaction.* Note [1] de M. **Jean Perrin** et Mlle **Choucroun.**

I. Suivant l'hypothèse féconde qu'Arrhenius a imaginée pour expliquer l'allure paisible de la plupart des réactions et leur grande sensibilité aux variations de température, une molécule, avant de réagir chimiquement, doit être amenée dans un certain état *critique*, état qui diffère de l'état ordinaire par un excès bien déterminé de l'énergie interne (incrément critique). Pour chaque espèce chimique, il se formerait à chaque instant des molécules critiques a_1, en même temps qu'il se referait par ailleurs des molécules ordinaires A_1, en sorte qu'il y ait, à toute température, équilibre statistique entre les deux états. La Thermodynamique exige alors que pour une concentration c_1 donnée des molécules ordinaires, la concentration γ_1 des molécules critiques varie comme l'exponentielle de $\left(\frac{-E_1}{RT}\right)$, E_1 désignant l'incrément critique.

S'il y a réaction, c'est que des molécules a_1 disparaissent au cours de certaines des rencontres qu'elles ont avec d'autres molécules critiques a_2, a_3, ..., l'ensemble primitif A laissant à sa place, après la rencontre, un ensemble A' de nouvelles molécules. Supposons la réaction bimoléculaire (on généralisera sans peine); la vitesse de cette réaction, proportionnelle au nombre des rencontres entre les molécules critiques a_1 et a_2, sera donc proportionnelle au produit $\gamma_1\gamma_2$. Si de plus la proportion des disparitions est faible, chaque concentration γ garde pratiquement, relativement aux variables c_1 et T, la même expression qu'en régime tout à fait stationnaire. On voit donc que la vitesse de réaction changera avec cette température comme l'exponentielle de $\left(-\frac{E_1+E_2}{RT}\right)$ ou de $\left(\frac{-E}{RT}\right)$, la constante E ayant pour signification physique d'être une somme d'incréments critiques. Cette loi d'influence de la température, prévue par Arrhenius [2], se vérifie très bien, comme on sait.

II. Quand les molécules critiques retombent dans l'état ordinaire, l'énergie qu'elles perdent doit être rayonnée. Réciproquement, une lumière de fréquence convenable ν_1 pourra élever une molécule ordinaire dans l'état

---

(1) Séance du 14 avril 1924.

(2) Arrhenius, *Zeits. für phys. Chemie*, t. 4, 1889, p. 223.

critique (sans qu'il soit exclu qu'un choc puisse avoir le même effet). C'est l'hypothèse radiochimique essentielle. On peut la justifier par diverses raisons. La plus convaincante est sans doute que, jointe à la loi d'Arrhenius, cette hypothèse impose de façon immédiate (sans *rien* préjuger sur la structure des molécules) la loi du rayonnement de Planck et la loi des quanta ([1]). En particulier, elle exige que la différence E_1 d'énergie interne entre les états critique et ordinaire soit égale à $H\nu_1$, H étant la constante de Planck (0,004 par molécule-gramme) et ν_1 la fréquence de la lumière qui peut être absorbée, ou qui est émise, dans le passage d'un de ces états à l'autre (en sorte qu'on retrouve comme loi une extension d'un postulat de Bohr).

III. Si la lumière ν_2 arrive de l'extérieur avec une intensité beaucoup plus grande que celle qu'elle possède dans la radiation isotherme où le corps se trouve baigné (du fait qu'il est à une certaine température), la concentration γ_1 des molécules critiques augmentera, donc aussi le nombre des régénérations. La lumière émise par ces régénérations, en conséquence de l'excitation extérieure, constitue une *fluorescence*, visible ou invisible, en sorte que tout corps capable de donner une molécule critique est fluorescent. Réciproquement nous admettrons que toute fluorescence a une telle origine.

IV. Choisissons comme corps A_1 un corps à fluorescence visible, excitable par une lumière visible, ce qui facilite les recherches et les mesures. Tels sont le bleu de méthylène ou l'éosine. Choisissons comme corps A_2 un solvant transparent pour cette lumière excitatrice et par suite non modifié par elle ; telle est la glycérine.

Même si le corps fluorescent A_1 peut réagir sur le solvant A_2, la vitesse de réaction sera négligeable à l'obscurité si le produit $\gamma_1\gamma_2$ (fixé alors par la seule température) est par trop petit. Mais si nous éclairons violemment par la lumière qui excite A_1, la concentration γ_1 est multipliée par un nombre qui peut être énorme, et la réaction peut prendre une vitesse notable.

En effet, dans la glycérine, toutes les matières organiques fluorescentes sont détruites par la lumière qui les fait luire ([2]), avec formation d'un leucodérivé et d'une aldéhyde, impliquant réaction bimoléculaire ([3]). Elles sont

---

([1]) JEAN PERRIN, *Radiation and Chemistry*, p. 1-27; *General discussion held by the Faraday Society*, 1921.

([2]) JEAN PERRIN, *Société suisse de Physique* (Zürich, 1913) et *Annales de Physique*, t. 10, 1918, p. 133. C'est le point de départ du travail actuel.

([3]) LEVAILLANT, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 398.

du reste en général aussi détruites par l'oxygène de l'air (Levaillant), selon une réaction différente que nous éviterons en opérant dans le vide. Enfin, plusieurs au moins d'entre elles ne sont pas altérées par illumination dans l'eau privée d'air (Mac Lennan, Wood, Levaillant), ce qui nous permettra d'étudier l'action de la matière colorante sur la glycérine, prises toutes deux en solution étendue dans l'eau.

Ces réactions sont *photochimiques*, en tant qu'elles ne se produisent pas à l'obscurité; mais on peut aussi les regarder comme thermiques, puisque pour la glycérine la concentration γ_2 en molécules critiques est fixée par la seule température, selon la loi d'Arrhenius. Cette concentration γ_2 est donc proportionnelle à l'exponentielle de $\left(\frac{-H\nu_2}{RT}\right)$, désignant par ν_2 la fréquence de la radiation capable de faire passer la glycérine dans l'état critique. C'est ce que l'un de nous a déjà vérifié [1] pour le bleu de méthylène nouveau et le bleu fluorescent, trouvant dans les deux cas pour la radiation active sur la glycérine la fréquence 9.10^{13}, soit un infrarouge de longueur d'onde $3^\mu,3$. Et, renseignements pris depuis (Victor Henri), la glycérine a en effet dans l'infrarouge une très forte bande d'absorption aux environs de $3^\mu,25$.

Au contraire, la vitesse de destruction de l'éosine dans la glycérine s'est montrée indifférente à la température (*loc. cit.*, p. 665). Il a fallu admettre que la molécule critique d'éosine agit directement sur la molécule ordinaire de glycérine [2]. C'est là un type intéressant de réaction, probablement fréquent : toutes les molécules qui réagissent ne sont pas forcément critiques, mais il suffit qu'une le soit pour imposer à la vitesse de réaction la loi d'Arrhenius.

V. L'influence de la concentration restait à étudier, et cette étude a été le but de la présente recherche.

On jugerait qu'elle était superflue si l'on supposait que chaque concentration γ de molécules critiques est proportionnelle à la concentration c_1 des molécules ordinaires correspondantes. Auquel cas la vitesse de réaction, proportionnelle à $\gamma_1\gamma_2$, serait proportionnelle au produit c_1c_2 et obéirait à l'énoncé bien connu de la loi d'action de masse.

Disons tout de suite que précisément cela n'a pas lieu et que cette loi d'action de masse, admise universellement pour la vitesse de réaction, n'est

---

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 612 et 665.

(2) Ou qu'il existe une glycérine critique à très faible incrément, très abondante dans la glycérine ordinaire et de propriétés très voisines.

probablement pas exacte en général, sinon pour des dilutions extrêmes, mais s'applique seulement aux corps qui réagissent par leurs molécules ordinaires, avec une masse active insensible aux variations de température.

C'est ce qu'on est conduit à comprendre en se rappelant que l'éclat d'un corps fluorescent diminue quand sa concentration grandit [1], et de manière à devenir en général insignifiant pour de fortes concentrations. Cela veut dire, dans la conception qu'on vient de rappeler, que le nombre de régénérations décroît, et par suite que le nombre des molécules élevées dans l'état critique par la lumière excitatrice décroît. La concentration γ en molécules critiques (dont la vie moyenne reste la même) devient donc plus faible quand la concentration croît, les molécules ordinaires se protégeant, quand elles se rapprochent, contre leur transformation par la lumière.

Mais si γ décroît, la vitesse de destruction dans la glycérine doit décroître. Ce fait très frappant, constaté dès le début [2], se trouve confirmé par des mesures plus précises.

Par exemple, pour le même éclairement, une solution au $\frac{1}{50000}$ de bleu de méthylène ayant une vitesse (initiale) de destruction représentée par 100, on pourrait penser que la vitesse (rapportée à la même masse de bleu) serait indépendante de la dilution. Elle devient dix fois plus faible dans une solution au $\frac{1}{5000}$ cependant encore très étendue.

D'autres mesures ont porté sur l'éosine. La « constante de vitesse » supposée par la loi d'action de masse, mesurée (colorimétriquement) pour le même éclairement et la même masse d'éosine, au lieu d'être en effet constante, a pris les valeurs

5000, 400, 180, 20

pour des solutions respectivement aux titres de

0,00004, 0,0005, 0,005, 0,05.

VI. Enfin, dans notre conception générale, rien d'essentiel ne différencie le corps A_1 (corps organique fluorescent) et le corps A_2 (glycérine). Si celui-ci intervient par des molécules critiques, la concentration γ_2 de ces molécules ne doit pas être proportionnelle à la concentration c_2 en glycérine ordinaire, car la protection par rapprochement doit probablement se produire aussi, pour la glycérine.

Nous avons opéré, en solution, dans de l'eau très pure et privée d'air,

---

(1) Voir *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 469.

(2) JEAN PERRIN, *Fluorescence* (*Annales de Physique*, t. 10, 1918, p. 147).

avec un titre fixe en bleu de méthylène nouveau ($\frac{1}{50000}$) et des titres croissants en glycérine. La lumière excitatrice agissait sur le corps colorant, et la température fixait l'état de la glycérine. (Les détails seront donnés ailleurs.) La pseudo « constante de vitesse » a pris, pour les teneurs en glycérine :

$$\frac{1}{50000}, \quad \frac{1}{10000}, \quad \frac{1}{1000}, \quad \frac{1}{100}, \quad \frac{1}{10}, \quad \frac{1}{3,3},$$

respectivement, des valeurs proportionnelles à

$$5000, \quad 4000, \quad 1000, \quad 150, \quad 40, \quad 15.$$

On voit à quel point les molécules ordinaires de glycérine se protègent, quand elles se rapprochent, contre leur transformation en molécules critiques (sous l'action de chocs ou de la radiation interne). Et que la loi d'action de masse est ici, grossièrement fausse (sauf aux dilutions extrêmes pour lesquelles, précisément, la protection cesse, le pouvoir fluorescent devenant constant). Par exemple, dans la glycérine au $\frac{1}{10000}$, on eût dû attendre, pour atteindre la même décoloration, mille fois plus longtemps que dans la glycérine au $\frac{1}{10}$, et il suffisait d'attendre dix fois plus longtemps.

Mais étudions maintenant l'éosine dont nous avons rappelé qu'elle paraît agir directement sur les molécules ordinaires de glycérine. Cette fois, la loi d'action de masse, relativement à la glycérine, peut être exacte. Elle l'est effectivement : pour avoir la même décoloration d'éosine (au titre primitif de $\frac{1}{20000}$), il faut attendre environ dix fois plus longtemps dans la glycérine à 1 pour 100 que dans la glycérine à 10 pour 100.

VII. Ainsi le phénomène, quel qu'il soit, qui protège par leur rapprochement les molécules des corps fluorescents, intervient probablement dans toutes les réactions dont la vitesse change avec la température selon la loi d'Arrhenius, autant dire dans toute la Dynamique chimique. Et la loi d'action de masse pour les vitesses ne serait valable que pour les corps dont la masse active est insensible aux variations de température. On expliquera comment cette loi peut rester, cependant, applicable aux équilibres (comme l'exige la thermodynamique).

VIII. Resterait à comprendre comment deux molécules se protègent en s'approchant l'une de l'autre. On peut supposer que, si une molécule sensible reçoit le quantum qui peut la rendre critique, il lui faut un temps fini pour atteindre sa configuration nouvelle, et qu'elle y parvient par un phénomène oscillatoire. Si, pendant ce temps, une molécule de même nature

s'en approche, elle peut puiser, avec résonance, de l'énergie dans la première, comme l'induit d'un transformateur en prend dans l'inducteur.

Les deux molécules se repoussent alors avec production d'énergie cinétique (ce qui explique l'échauffement par radiation, jusqu'ici mystérieux); d'ailleurs, aucune d'elles n'a plus assez d'énergie pour atteindre la configuration critique, et l'énergie oscillatoire s'épuisera par inductions et répulsions successives.

Il n'est enfin pas exclu que la même induction joue parfois pendant les régénérations, ce qui interviendrait aussi dans la diminution constatée de l'éclat. S'il en est ainsi, le pouvoir fluorescent décroîtra plus vite encore que le pouvoir réactif : des comparaisons précises sont en cours.

MÉCANIQUE. — *Vibration et résonance des arbres porte-hélices.* Note de M. **André Blondel**.

Depuis longtemps les constructeurs de machines marines commandant des hélices, et des moteurs d'aviation commandaut des hélices aériennes, ont constaté des ruptures d'arbres; elles ont été attribuées à des vibrations excessives qui doivent provenir d'une mise en résonance de l'ensemble arbre et hélice, l'hélice jouant le rôle d'un volant (1). Les auteurs qui ont traité cette question ont cru nécessaire de la simplifier à l'extrême en assimilant l'ensemble de la machine motrice à un volant unique placé arbitrairement au milieu de la longueur de l'arbre-manivelle.

La méthode que j'ai exposée récemment (2) permet cependant de résoudre facilement le problème en attribuant au moteur un arbre fictif sur lequel sont supposés répartis uniformément les inerties et les coefficients d'élasticité de torsion préalablement calculés. Si l'on suppose que l'arbre-manivelle aboutit immédiatement au palier de l'hélice, comme cela est le cas dans les moteurs d'aviation, la résonance se produit pour l'har-

---

(1) Voir notamment l'importante étude consacrée à ce sujet il y quelques années par M. Lorain, *Étude sur les vibrations de torsion des arbres porte-hélices* (*Bulletin de l'Association technique maritime*, n° 20, Session de 1909).

(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1120.

Errata à cette Note: Page 1123, ligne 7 en remontant, *au lieu de* A_{n-1}, *lire* A_x; page 1124, ligne 10 en remontant, *au lieu de* $-\sin px$ et $-\tang px$, *lire* $-j\sin px$, et $-j\tang px$; page 1126, ligne 5, *au lieu de* ip, *lire* ipl; et *au lieu de* gi_l, *lire* $\frac{gi}{l}$.

monique commun des différents couples moteurs, et l'équation de la résonance est donnée par mes formules (26) ou (27), page 1125.

Au contraire, si un arbre cylindrique de longueur notable sert à relier le moteur à l'hélice, la solution précédente doit être complétée pour tenir compte de l'élasticité et de l'inertie de cet arbre, comme on va le voir.

Je conserve les notations de ma précédente Note, et j'appellerai en outre l_0 la longueur de l'arbre intermédiaire considéré, ρ_0, i_0 la densité et le moment d'inertie par unité de longueur; g_0 et i_{10} le coefficient d'élasticité de glissement et le moment d'inertie polaire de la section fictive, ξ_0 le coefficient d'amortissement représentant les frottements internes (les frottements dans les paliers et les cylindres ne devant pas entrer en ligne de compte pour les raisons que j'ai indiquées précédemment [1]), contrairement à l'opinion généralement admise). Enfin, j'appellerai I le moment d'inertie de l'hélice formant volant, β le coefficient d'amortissement applicable au mouvement de l'hélice et dont des expressions variées ont été données par différents auteurs.

Je rappelle qu'on suppose, à chaque instant, l'équilibre réalisé entre l'effort moteur et l'effort résistant; les équations contiennent donc seulement les mouvements perturbateurs. J'appelle, en chaque point de l'axe du système, α l'angle d'écart instantané au temps t, q le couple de glissement au même point.

Les couples perturbateurs étant périodiques, on considère suivant les cas, tel ou tel harmonique de la série de Fourier suivant laquelle on peut les développer; il suffit de considérer les amplitudes des torsions sinusoïdales correspondantes. J'ai introduit directement ces amplitudes, en employant la notation complexe; c'est-à-dire en posant $\alpha = A e^{j\omega t}$, $q = G e^{j\omega t}$, en désignant par ω la vitesse de pulsation du mouvement oscillatoire considéré; j étant égal à $\sqrt{-1}$. Toutes les équations différentielles étant linéaires, $e^{j\omega t}$ s'élimine de lui-même; c'est pourquoi j'écris directement les équations des amplitudes.

L'équation différentielle du mouvement de l'hélice elle-même, d'après les définitions précédentes, est

$$I\frac{\partial^2 \alpha}{\partial t^2} + \beta\frac{\partial \alpha}{\partial t} + q = 0. \tag{1}$$

On en déduit, en appelant A_0 et G_0 les amplitudes de l'écart angulaire

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 358.

et du couple de l'hélice :

(2) $$\omega^2 I A_0 - j\beta\omega A_0 = G_0,$$

d'où

(3) $$A_0 = \frac{G_0}{\omega^2 I - j\omega\beta}.$$

Considérons maintenant l'arbre porte-hélice, de longueur l_0, qui relie l'hélice à l'arbre-manivelle du moteur proprement dit. Pour éviter toute confusion avec le calcul fait précédemment pour l'arbre-manivelle, j'appellerai y les abscisses comptées en allant de l'hélice vers l'arbre-manivelle, tandis que j'ai désigné par x les abscisses comptées en sens inverse, en allant du bout libre de l'arbre-manivelle jusqu'à l'axe du volant, remplacé ici par l'ensemble de l'arbre porte-hélice et de l'hélice.

Les équations (3), (3 *bis*) et (4), page 1122, s'appliquent à l'arbre porte-hélice en faisant $q = Q = 0$ puisqu'il n'y a pas de couple moteur, cet arbre étant en dehors de la manivelle motrice. Pour simplifier l'écriture, je définirai encore la constante de propagation des vibrations par l'équation

(4) $$v_0 = \sqrt{\frac{j\omega\xi_0 - \omega^2\rho_0 i_0}{g_0 i_{10}}},$$

en attribuant l'indice l_0 à l'arbre considéré.

On peut ainsi écrire immédiatement, en appelant a_0 et b_0 deux constantes, l'amplitude de l'écart angulaire au point y

(5) $$A_y = a_0 \operatorname{ch} v_0 y + b_0 \operatorname{sh} v_0 y.$$

Le couple de glissement G_y au même point s'en déduit immédiatement par la même équation que l'équation (7) de la page 1122, mais en changeant le signe du second membre parce que les longueurs y sont comptées en sens inverse des longueurs x; on a ainsi

(6) $$G_y = (gi_1)_0 \frac{\partial A_y}{\partial y} = (gi_1 v)_0 (a_0 \operatorname{sh} v_0 y + b_0 \operatorname{ch} v_0 y).$$

Au point de jonction de l'arbre avec l'hélice, $y = 0$, et par suite $A_0 = a_0$ et $G_0 = (g_1^i v_i)_0 b_0$.

Introduisons encore une constante auxiliaire sous forme d'un angle hyperbolique ϖ_0 défini par l'équation

(7) $$\operatorname{th} \varpi_0 = \frac{b_0}{a_0} = \frac{C_0}{(gi_1 v)_0 A_0} = \frac{\omega^2 I - j\beta}{R_0},$$

en posant, pour simplifier l'écriture :

(8) $$R_0 = (g i_1 v)_0.$$

En substituant ces différentes valeurs dans (5) et (6), on obtient les expressions suivantes de A_y et G_y

(9) $$A_y = A_0 \frac{\operatorname{ch}(v_0 y + \varpi_0)}{\operatorname{ch} \varpi_0},$$

(10) $$G_y = R_0 A_y \operatorname{th}(v_0 y + \varpi_0).$$

Faisons $y = l_0$ au point de raccordement de l'arbre porte-hélice avec l'arbre-manivelle ; nous aurons en ce point

(11) $$A_{l_0} = A_0 \operatorname{ch}(v_0 l_0 + \varpi_0),$$

(12) $$G_{l_0} = R_0 A_0 \operatorname{th}(v_0 l_0 + \varpi_0).$$

Toutes les variables sont des variables complexes (de la forme $U + jW$) ; le module représente l'amplitude et l'argument le décalage de phase. La résolution numérique est faite par simple lecture quand on emploie les abaques des tangentes hyperboliques et des cosinus hyperboliques que j'ai récemment édités [1]. La difficulté est limitée au calcul des coefficients i, i_1, g et ξ.

Au point l_0, les valeurs de A_{l_0} et de G_{l_0} doivent être égales aux valeurs de A_n et de G_n, qu'on déduit des équations (19) et (20) de ma précédente Note, en y faisant $x = l_n$, longueur de l'arbre-manivelle proprement dite.

Avant d'écrire ces égalités, je rappellerai que j'ai posé pour simplifier : $R_n = (G i v)_n$ pour l'arbre-manivelle, et $H_n = \frac{\Sigma \Gamma_n}{I_a}$, en désignant par Γ_n les harmoniques de même ordre des couples moteurs des différentes manivelles, et I_a le moment d'inertie totale de l'arbre-manivelle. Quand le moteur était relié directement au volant, il suffisait d'exprimer que A_n et G_n satisfaisaient à l'équation du volant (17 *bis*) et à celle de l'arbre-manivelle (13) :

(17 *bis*) $$\omega^2 I A_n + G_n = 0,$$

(13) $$R_n A_n \operatorname{th} v_n l_n + G_n = - R_n H_n \operatorname{th} v_n l_n.$$

(17 *bis*) est ici remplacé par l'équation (14) :

(14) $$R_0 A_n \operatorname{th}(v_0 l_0 + \varpi_0) - G_n = 0,$$

obtenue en remplaçant dans l'équation (10) G_y et A_y par G_n et A_n. La

(1) *Revue générale d'Électricité*, t. 14, 1923, p. 775.

résolution de ces deux équations linéaires (13) et (14) donne

$$A_n = \frac{R_n H_n \operatorname{th} \rho_n l_n}{\Delta} \tag{15}$$

et

$$G_n = -\frac{R_0 R_n H_n \operatorname{th}(\rho_0 l_0 + \varpi_0) \operatorname{th} \rho_n l_n}{\Delta}, \tag{16}$$

en représentant par Δ le dénominateur commun :

$$\Delta = R_n \operatorname{th} \rho_n l_n + R_0 \operatorname{th}(\rho_0 l_0 + \varpi_0). \tag{17}$$

Tant qu'il y a de l'amortissement, Δ n'est jamais nul; on peut simplement chercher son minimum. Mais on a, avec une approximation très suffisante, la condition de résonance en annulant Δ après avoir annulé les amortissements, c'est-à-dire fait $\xi = \xi_n = \beta = 0$. La valeur complexe ρ est alors remplacée par une valeur réelle p, et les fonctions hyperboliques par des fonctions circulaires; l'équation de résonance s'écrit donc

$$-R_n \operatorname{tang} p_n l_n = R_0 \operatorname{tang}(p_0 l_0 + \varpi_0). \tag{18}$$

Si l'on remplace ϖ_0 par sa valeur, l'équation de résonance devient plus explicitement

$$-R_n \operatorname{tang} p_n l_n = R_0 \operatorname{tang}\left(p_0 l_0 + \operatorname{arc\,tang} \frac{\omega^2 I}{R_0}\right), \tag{19}$$

qu'il est facile de comprendre d'après les définitions données précédemment et que je rappelle :

$$p_0 l_0 = \omega l_0 \sqrt{\left(\frac{\rho i}{g i_1}\right)_0} = \omega \sqrt{\frac{I_0}{C_0}}, \tag{20}$$

$$p_n l_n = \omega l_n \sqrt{\left(\frac{\rho i}{g i_1}\right)_n} = \omega \sqrt{\frac{I_0}{C_n}}, \tag{21}$$

$$R_0 = (g i_1 p)_0 = \omega \sqrt{C_0 I_0}, \tag{22}$$

$$R_n = (g i_1 p)_n = \omega \sqrt{C_n I_n}, \tag{23}$$

dans lesquelles on peut mettre en évidence, comme je l'ai fait précédemment, le couple total de torsion C_a de l'arbre-manivelle et son inertie totale I_a, en remarquant qu'on a les relations

$$C_a = \left(\frac{g i_1}{l}\right)_n, \tag{24}$$

$$I_a = (\rho i l)_n, \tag{25}$$

$$p_n l_n = \sqrt{\frac{I_a}{C_a}} \tag{26}$$

et des expressions analogues pour l'arbre porte-hélice.

En substituant ces valeurs dans l'équation de résonance, elle prend ainsi la forme pratique :

$$(27) \qquad -\sqrt{I_a C_a}\,\text{tang}\,\omega\sqrt{\frac{I_a}{C_a}} = \sqrt{I_0 C_0}\,\text{tang}\left[\omega\sqrt{\frac{I_0}{C_0}} + \text{arc tang}\,\frac{\omega I}{\sqrt{I_0 C_0}}\right].$$

En la comparant à l'équation (27) de la page 1126, on voit que le second membre divisé par ω représente l'inertie d'un volant équivalent à l'ensemble de l'arbre porte-hélice et de l'hélice.

Cette remarque est intéressante, parce qu'elle permet de substituer cette inertie à l'inertie du volant dans toutes les équations de résonance, que j'ai établies précédemment par d'autres méthodes, exactement de la même manière qu'on peut remplacer le volant I par $\frac{I}{\sigma}$ dans la formule que j'ai donnée pour le cas d'une dynamo entraînée par un accouplement élastique.

Si l'on remplaçait l'arbre-manivelle par une seule masse de même inertie I_a, l'équation (27) serait remplacée par

$$(28) \qquad \omega\sqrt{\frac{I_0}{C_0}} + \text{arc tang}\,\frac{\omega I}{\sqrt{I_0 C_0}} + \text{arc tang}\,\frac{\omega I_a}{\sqrt{I_0 C_0}} = 0.$$

L'équation (27) ne contenant pas H est indépendante de la répartition et de la phase du couple perturbateur ; ses diverses racines ω correspondent à des résonances de l'ensemble des arbres en un plus ou moins grand nombre de concamérations, c'est-à-dire avec un ou plusieurs nœuds de torsion.

Ces vibrations peuvent être encore mesurées et inscrites par la méthode optique que j'ai décrite récemment [1] et qui nécessite seulement l'installation de deux disques semblables, à fentes radiales (ou en développantes) respectivement aux deux bouts du système, c'est-à-dire au bout libre du moteur et au bout de l'arbre portant l'hélice. La figure 2 est suffisamment expliquée par sa légende ; une prochaine Note donnera d'ailleurs un exemple des résultats obtenus par l'application de cette méthode.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 50 et p. 1343, fig. 2.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation catalytique des éthers benzyliques.* Note [1] de M. **J.-B. Senderens.**

Dans une précédente Communication [2] j'annonçais que la méthode de préparation catalytique des éthers-oxydes par l'acide sulfurique dilué s'appliquait aux alcools aromatiques. J'exposerai dans cette Note les résultats obtenus avec le premier de ces alcools, l'alcool benzylique.

Oxyde de benzyle. — Cannizzaro avait préparé cet éther en chauffant durant quelques heures à 120-125°, dans un tube scellé, une pâte formée d'alcool benzylique et d'acide borique fondu et pulvérisé [3]. Depuis lors on avait observé qu'il se forme en petite quantité lorsqu'on chauffe à 190° un mélange d'eau et de chlorure de benzyle [4] ou que l'on traite ce même chlorure par une solution éthérée d'alcool benzylique additionnée de sodium [5].

En 1908, Meisenheimer [6], en distillant de l'alcool benzylique purifié au moyen d'une solution aqueuse de SO^3HNa, constata la présence d'oxyde de benzyle qu'il attribua à l'action de très petites quantités de SO^4H^2 formé durant la distillation. Pour s'en assurer, il chauffa durant 3 heures dans un bain d'huile maintenu à 200-215° un mélange de 20^g d'alcool benzylique et de 0$^{cm^3}$,02 de la solution normale, soit 0^g,001 de SO^4H^2 et il obtint 2^g d'éther benzylique. Dans une autre expérience où il employait 3 gouttes d'acide à 30 pour 100 de SO^4H^2, les 20^g d'alcool benzylique auraient donné, après 2 heures à 210°, 15^g d'éther. Là paraissent s'être arrêtées les recherches de Meisenheimer qui montraient d'une manière frappante le rôle catalyseur de l'acide sulfurique dilué dans l'éthérification de l'alcool benzylique sans préciser les conditions dans lesquelles elle doit se produire. C'est ainsi que, d'après ces recherches, il semble qu'il faudrait opérer au-dessus de 200°, ce qui est absolument inexact.

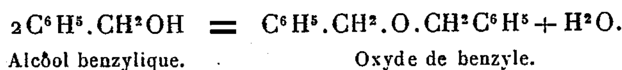
Mes expériences ont porté sur une molécule, soit 108^g, d'alcool benzylique et j'ai constaté que l'addition de 1$^{cm^3}$ d'acide sulfurique à 66° B. y détermine déjà un précipité blanc de benzétérène C^7H^6, tandis qu'au contraire ce

(1) Séance du 7 avril 1924.
(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1183.
(3) *Ann. Chim. Phys.* 3e série, t. 43, 1855, p. 349.
(4) Limpricht, *Ann. Chem.*, t. 139, 1865, p. 349.
(5) Lowe, *Ann. Chem.*, t. 241, 1887, p. 374.
(6) *D. Ch. G.*, t. 41, 1908, p. 1420.

précipité ne se forme pas ou est négligeable avec 2^{cm^3} ou 3^{cm^3} d'hydrate $SO^4H^2 + 3H^2O$.

Le mélange de 108^g d'alcool benzylique et 2^{cm^3} de ce dernier hydrate a été introduit dans un ballon communiquant avec un réfrigérant descendant et muni d'un thermomètre dont le réservoir plongeait dans le mélange.

L'ébullition se produit à 125°; l'éthérification se manifeste vers 130° par un trouble subit de la liqueur et, si l'on ne dépasse pas 140°, la réaction se poursuit régulièrement selon l'équation

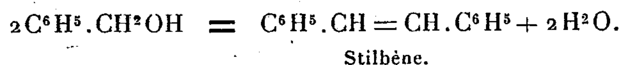


$$2C^6H^5.CH^2OH = C^6H^5.CH^2.O.CH^2C^6H^5 + H^2O.$$

Alcool benzylique. Oxyde de benzyle.

Elle est totale en moins d'une demi-heure d'ébullition, comme le montre l'eau recueillie, l'éther-oxyde restant dans le ballon.

Si on laisse, au contraire, la température s'élever rapidement, il se produit, au voisinage de 170°, une réaction tumultueuse qui projette hors du ballon de l'eau et un liquide épais qui se prend en une résine dure et cassante par le refroidissement. C'est la même résine qu'obtenait Cannizzaro (*loc. cit.*) lorsque, au lieu de chauffer vers 120°, le mélange d'alcool benzylique et d'anhydride borique, il opérait à une température élevée. Il avait trouvé pour cette résine la formule $C^{14}H^{12}$ qui semblerait correspondre à la formation du stilbène, d'après l'équation



$$2C^6H^5.CH^2OH = C^6H^5.CH = CH.C^6H^5 + 2H^2O.$$

Stilbène.

Mais tandis que le stilbène fond à 125° et bout à 306°, la résine en question commence à fondre beaucoup plus bas et son ébullition se fait de 300° à 360° et au-dessus, comme celle d'un produit mal défini qui résulterait de condensations.

Cette résine paraît provenir de la destruction de l'oxyde de benzyle préalablement formé, car on constate la même réaction explosive lorsque cet oxyde est chauffé vers 170° avec 2 pour 100 de $SO^4H^2.3H^2O$. La destruction de l'oxyde est très lente, mais elle se fait encore à 140° et même à 130°, ce qui explique, dans l'éthérification de l'alcool benzylique, la présence de produits condensés en quantité d'autant plus faible que la température est moins élevée.

Éthers mixtes de l'alcool benzylique. — On connaissait les éthers méthyl, éthyl, isobutyl et isoamylbenzyliques, dont on avait simplement donné les points d'ébullition et qui se préparaient par action des alcoolates de

sodium sur le chlorure de benzyle, on encore, dans le cas de l'oxyde benzylméthylique, en faisant agir le bromure de phénylmagnésium sur l'éther-oxyde monochlorométhylique.

A première vue, il ne semblait guère possible d'arriver à ces éthers par l'emploi de l'acide sulfurique.

Nous venons, en effet, de voir que l'éthérification de l'alcool benzylique n'exige qu'une très faible quantité d'hydrate $SO^4H^2 + 3H^2O$ au delà de laquelle il se formerait un précipité de plus en plus abondant de benzétérène selon les quantités d'hydrate employées. Par ailleurs, cette éthérification se fait en quelques minutes.

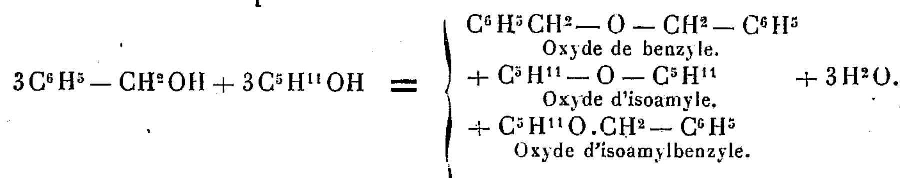
Les alcools de la série grasse au contraire s'éthérifient lentement, et de plus, comme je m'en suis assuré par des expériences directes, encore inédites, ils exigent des proportions d'acide sulfurique concentré qui sont, en volume, de 10 pour 100 pour l'alcool isoamylique ; de 30 pour 100 pour le butanol ; de 50 pour 100 pour le propanol ; de 100 pour 100 pour l'éthanol.

L'éthérification de l'alcool isoamylique est celle qui demande le moins de SO^4H^2. Mais du moment que l'addition de 1 pour 100 de cet acide à l'alcool benzylique suffit pour en précipiter du benzétérène, n'y avait-il pas à craindre que les 10 pour 100 de SO^4H^2 apportés par l'alcool isoamylique ne déterminassent une précipitation totale !

Le danger paraissait moins grand avec l'acide sulfurique dilué, et c'est ainsi que j'ai été amené à ajouter 20^{cm^3} de l'hydrate $SO^4H^2 + 2H^2O$ au mélange de 100^{cm^3} d'alcool isoamylique et de 100^{cm^3} d'alcool benzylique. Il n'y a pas eu de précipité de benzétérène.

Restait à savoir comment se comporterait ce mélange. Chauffé dans un ballon muni d'un réfrigérant descendant, il est entré en ébullition vers 120°. Si on laisse la température s'élever rapidement, il se produit vers 170° la même réaction explosive que dans la préparation de l'oxyde de benzyle.

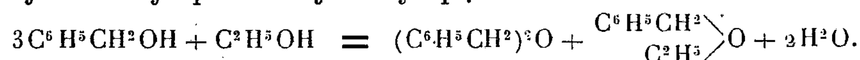
En maintenant au contraire la température au voisinage de 125°, le mélange ne tarde pas à se troubler. Au bout d'une demi-heure l'eau ne distille plus, ce qui indique la fin de la réaction. Le contenu du ballon, après traitement à l'eau et au carbonate de soude, a donné par la distillation les trois éthers prévus :



$$3C^6H^5-CH^2OH + 3C^5H^{11}OH = \left\{\begin{array}{l} C^6H^5CH^2-O-CH^2-C^6H^5 \\ \quad\text{Oxyde de benzyle.} \\ + C^5H^{11}-O-C^5H^{11} \\ \quad\text{Oxyde d'isoamyle.} \\ + C^5H^{11}O.CH^2-C^6H^5 \\ \quad\text{Oxyde d'isoamylbenzyle.} \end{array}\right. + 3H^2O.$$

Ces trois éthers sont en parties à peu près égales que le grand écart de leur point d'ébullition permet aisément de séparer.

On a vu que l'alcool isoamylique était celui qui exigeait notablement le moins d'acide sulfurique pour s'éthérifier. Dès lors si pour le mélange des autres alcools avec l'alcool benzylique on emploie la même proportion d'hydrate $SO^4H^2 + 2H^2O$ que pour l'alcool isoamylique, ces alcools ne s'éthérifieront pas, mais il se pourrait que l'éther mixte se formât en même temps que l'oxyde de benzyle. Dans ce cas, avec l'éthanol, par exemple, on aurait les oxydes benzylique et éthylbenzylique :



$$3C^6H^5CH^2OH + C^2H^5OH = (C^6H^5CH^2)^2O + \begin{matrix} C^6H^5CH^2 \\ C^2H^5 \end{matrix}\!\!>O + 2H^2O.$$

C'est en effet ce qui s'est produit. En ajoutant 20^{cm^3} de $SO^4H^2 + 2H^2O$ au mélange de 100^{cm^3} d'alcool benzylique et de 100^{cm^3} d'un alcool forménique, j'ai constaté que l'excès de ce dernier alcool distillait, tandis qu'il restait dans le ballon le mélange de l'éther mixte et de l'oxyde de benzyle dans des proportions qui s'accordaient avec l'équation ci-dessus. La séparation des éthers mixtes est d'autant plus facile que leurs points d'ébullition sont très éloignés de celui de l'oxyde de benzyle qui bout avec une certaine décomposition au voisinage de 300°.

J'ai préparé de la sorte les éthers mixtes suivants :

Oxydes.	P. E. corr. H = 744.	Densités D_4^0.
Éthylbenzylique	184°	0,9577
Propylbenzylique	201	0,9447
Butylbenzylique	220,5	0,9310
Isopropylbenzylique	193,5	0,9346
Isobutylbenzylique	212,5	0,9250
Isoamylbenzylique	235	0,9200

Ce tableau montre que tandis que les points d'ébullition s'élèvent avec le poids moléculaire de l'éther, les densités au contraire diminuent comme cela a été constaté pour les éthers mixtes correspondants du phénol.

M. E. Fournier fait hommage à l'Académie d'une brochure qu'il vient de publier sous le titre : *Particularités inédites de la baisse barométrique dans les cyclones et leur utilisation.*

M. E.-L. **Bouvier** fait hommage à l'Académie d'un ouvrage qu'il vient de publier sous le titre :

Fédération française des Sociétés de sciences naturelles. Office central de faunistique. *Faune de France : 7. Pycnogonides.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Études de Lépidoptérologie comparée*, par Charles Oberthür. Fascicule XXII. Partie I. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

2° *Angola et Rhodesia* (1912-1914). Mission Rohan-Chabot. Tome IV : *Histoire naturelle*. Fascicule I : *Mammifères* (Anatomie comparée, Embryologie), *Oiseaux*, *Reptiles*, *Poissons*.

ALGÈBRE. — *Un nouveau théorème sur les équations.* Note (¹) de M. **A. Pellet.**

Soit l'équation quatrinome

$$a_0 + a_1 + x^{n_1} + a_2 x^{n_2} + a_3 x^{n_3} = 0, \qquad n_3 > n_2 > n_1.$$

Le module de sa racine de plus petit module, x_0, satisfait aux inégalités

$$3\left|\frac{a_0}{a_1}\right| > |x_0|^{n_1}, \qquad 3\left|\frac{a_0}{a_2}\right| > |x_0|^{n_2}, \qquad \left|\frac{a_0}{a_3}\right| > |x_0|^{n_3},$$

comme si x_0 était la racine de plus petit module de l'équation en y :

$$a_0 + a_1 x_0^{n_1 - 1} y + a_2 x_0^{n_2 - 2} y^2 + a_3 x_0^{n_3 - 3} y^3 = 0.$$

Ajoutons à la première équation le terme $a_4 x^{n_4}$ $(n_4 > n_3)$ et appliquons deux fois le théorème de Lucas; on obtient l'équation

$$n_4 n_3 a_0 + (n_4 - n_1)(n_3 - n_1) a_1 x^{n_1} + (n_4 - n_2)(n_3 - n_2) a_2 x^{n_2} = 0$$

(¹) Séance du 14 avril 1924.

dont le module de la racine de plus petit module r' est supérieur à $|x_0|$, car on peut faire tendre a_4 vers o. D'où

$$\frac{2n_4 n_3}{(n_4-n_1)(n_3-n_1)}\left|\frac{a_0}{a_1}\right| > r'^{n_1}, \qquad \frac{n_4 n_3}{(n_4-n_2)(n_3-n_2)}\left|\frac{a_0}{a_2}\right| > r'^{n_2}.$$

Prenons n_4 assez grand pour qu'on ait

$$3 > \frac{2n_4 n_3}{(n_4-n_1)(n_3-n_1)}, \qquad 3 > \frac{n_4 n_3}{(n_4-n_2)(n_4-n_1)},$$

alors les inégalités écrites plus haut seront satisfaites puisque $r' \geqq |x_0|$. Ainsi de proche en proche on voit que la racine de plus petit module x_0 de l'équation à $m+1$ termes :

$$a_0 + a_1 x^{n_1} + \ldots + a_m x^{n_m} = 0,$$

les entiers positifs $n, \ldots, n_m$ allant en croissant, satisfait aux mêmes inégalités que la racine de plus petit module de l'équation

$$a_0 + a_1 x_0^{n-1} y + \ldots + a_m x^{n_m - m} y^m = 0.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Remarque sur la Note de M. Mordouhay-Boltovskoy.* Note [1] de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. Hadamard.

M. Mordouhay-Boltowskoy [2] mentionne les résultats obtenus par plusieurs auteurs (Pincherle, Teixeira, Hurwitz, Kœnigsberger, Kock, Soubotine, M. Mordouhay-Boltovskoy, etc.) d'après lesquels une série entière $y = \Sigma a_n x^n$ à coefficients rationnels qui représente une fonction satisfaisant à l'équation différentielle algébrique, jouit des propriétés suivantes :

1° p_n étant le plus grand diviseur de d_n $\left(d_n\right.$ est le dénominateur de la fraction irréductible $\left.a_n = \frac{c_n}{d_n}\right)$, la quantité $\frac{p_n}{n^k}$ reste finie quand n augmente indéfiniment (k étant un entier);

2° $\lambda(p)$ étant l'exposant d'un facteur quelconque de d_n, $\frac{\lambda(p)}{\sigma^n}$ reste fini;

3° $\frac{\lambda(p_n)}{n}$ reste fini.

Dans la même Note, M. Mordouhay-Boltovskoy démontre que toutes

(1) Séance du 14 avril 1924.
(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1260.

les solutions d'une classe particulière des équations étudiées par M. Painlevé jouissent des propriétés 1° avec $k=1$ et 3°. Ces conditions sont alors, d'après l'auteur, les conditions nécessaires pour l'intégration en termes finis.

Je veux démontrer qu'*une série quelconque à coefficient réel peut être représentée comme une somme d'une fonction entière et d'une série jouissant des propriétés* 1° *avec* $k=1$, 2° *et* 3°.

Soit $\Sigma a_n x^n$ une série entière à coefficients réels. En désignant par $p_{[n]}$ le plus grand nombre premier inférieur à n, développons la valeur absolue de a_n en fraction infinie, en prenant comme base $p_{[n]}$,

$$|a_n| = \alpha_0 + \frac{\alpha_1}{p_{[n]}} + \ldots + \frac{\alpha_n}{p_{[n]}^n} + \frac{\alpha_{n+1}}{p_{[n]}^{n+1}} + \ldots.$$

Soient

$$a'_n = \alpha_0 + \frac{\alpha_1}{p_{[n]}} + \ldots + \frac{\alpha_n}{p_{[n]}^n} \quad \text{et} \quad a''_n = \frac{\alpha_{n+1}}{p_{[n]}^{n+1}} + \ldots.$$

On a donc

$$a_n = \varepsilon_n a'_n + \varepsilon_n a''_n \qquad (\varepsilon_n \text{ étant égal à } +1 \text{ ou } -1).$$

Mais l'inégalité $a''_n < \frac{1}{p_{[n]}^n}$ montre que la série $\Sigma \varepsilon_n a''_n x^n$ représente une fonction entière, tandis que la série $\Sigma \varepsilon a'_n x^n$ jouit des propriétés voulues, ce qui est très facile à vérifier.

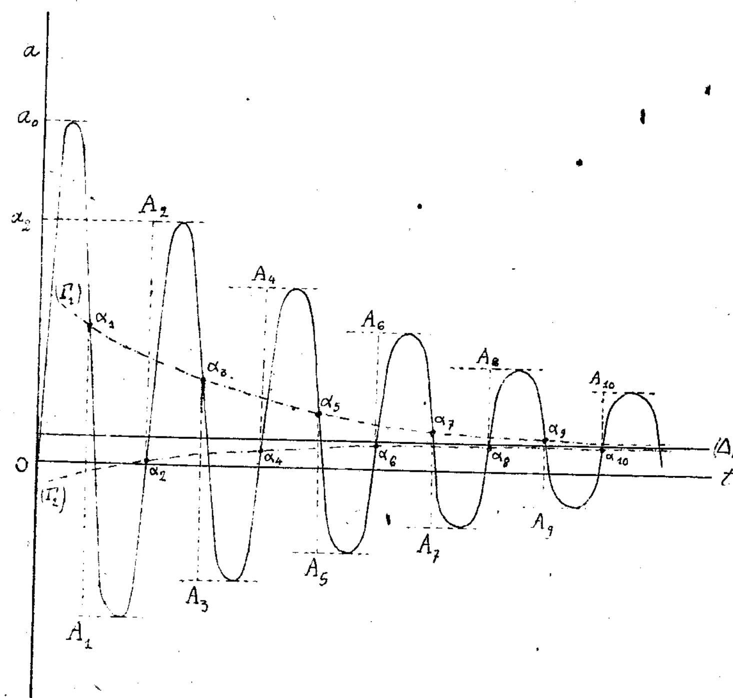
MÉCANIQUE. — *Sur les procédés d'étude de l'évolution des caoutchoucs. Amortissement des oscillations de torsion.* Note (1) de MM. **J. Villey**, **P. Vernotte** et **F. Fontenay**, présentée par M. G. Kœnigs.

Dans l'identification et le contrôle des matières de constitution très complexe susceptibles d'évolution et d'altération, on ne peut obtenir de résultats dignes de confiance qu'en utilisant simultanément la mesure de diverses propriétés mécaniques et physiques choisies parmi celles qui comportent le plus de précision : leur efficacité, au point de vue identification, est encore plus importante que leurs relations plus ou moins directes avec les qualités recherchées dans l'utilisation.

Un exemple intéressant est donné par l'étude de l'évolution des caoutchoucs. Dans ces produits colloïdaux très complexes, les qualités pratiques

(1) Séance du 14 avril 1924.

de souplesse et de cohésion mécanique disparaissent à la fin d'une évolution qui comporte un accroissement progressif des particules. Pour déceler et suivre les premières phases de cette évolution, il faut utiliser des mesures relatives aux propriétés de la matière dans sa masse même. Nous avons été conduits à étudier particulièrement les frottements internes caractérisés par l'amortissement d'oscillations, le pouvoir inducteur spécifique, la conductibilité ohmique et la polarisation diélectrique. Les études faites jusqu'ici ont porté sur les gaines isolantes des fils électriques utilisés pour l'allumage haute tension des moteurs d'aviation; la forme cylindrique de ces fils est particulièrement commode pour ces diverses mesures.



Pour les frottements internes, on a réalisé avec ces gaines, vidées du conducteur métallique intérieur, des pendules de torsion dont on enregistre le mouvement oscillatoire. La présente Note ne vise qu'à préciser quelques particularités observées dans ces mesures et à définir une méthode utilisable pour en déduire un coefficient caractéristique de l'amortissement.

Les courbes enregistrées ont les caractères reproduits sur la figure, où l'on a porté le temps en abscisses suivant Ot, et en coordonnées suivant Oa les angles de torsion comptés à partir de l'azimut d'équilibre initial avant l'impulsion de mise en route.

La courbe a des oscillations amorties, avec une pseudo-période régulière, de part et d'autre d'une asymptote Δ parallèle à l'axe Ot qui caractérise l'azimut d'équilibre final. Il est déplacé, par rapport à l'azimut d'équilibre initial dans le sens de l'impulsion de lancement; pour des élongations de lancement de l'ordre de 3 degrés, ces déplacements étaient de l'ordre de 10 minutes.

Ceci manifeste que la déformation élastique est compliquée de déformations pseudo-permanentes; à chaque demi-oscillation elles doivent déplacer l'azimut de couple nul de part et d'autre de sa valeur finale. Si l'on connaissait les positions successives α_1, α_2, α_3, α_4, ... de ces azimuts de couple nul, on pourrait chercher à vérifier, comme généralisation de la notion classique de coefficient d'amortissement des oscillations élastiques, la relation

$$\frac{\alpha_{n+1}\,A_{n+1}}{\alpha_n\,A_n} = k,$$

où le rapport k de deux élongations successives serait un coefficient spécifique caractéristique du frottement interne.

A priori, les points inconnus α_1, α_3, α_5, ... et α_2, α_4, α_6, ... doivent se grouper sur deux courbes régulières Γ_1 et Γ_2 situées de part et d'autre de Δ et asymptotes à cette droite. On s'est proposé de chercher simplement si l'on pourrait déterminer empiriquement un coefficient k donnant une telle distribution régulière de points α; cette distribution dépend en même temps, bien entendu, d'un second paramètre qui est la position de l'un d'entre eux, par exemple α_1.

L'expérience a montré que, malgré le caractère anormal de la première élongation de lancement (confirmé par ce fait que le point O, représentant l'azimut de départ, ne se place pas sur la courbe régulière Γ_2 des points α d'indice pair), le calcul effectué en utilisant cette première élongation, dont on connaît l'amplitude, conduit à des résultats très cohérents.

Ce calcul est ainsi conduit :

1° On détermine une première valeur approchée de k basée sur la relation $k^2 = \frac{\alpha_2 A_2}{O a_0}$, ou approximativement $k^2 = \frac{O a_2}{O a_0}$, car les vérifications *a posteriori* confirment que le point α_2 est voisin de l'axe Ot comme il est à prévoir *a priori*;

2° On utilise cette première valeur approchée de k pour placer le point α_1 par la relation $\frac{\alpha_1 A_1}{O a_0} = k$;

3° Partant de là, on corrige progressivement la valeur de k par la condition qu'elle fournisse une série de points α_2, α_3, α_4, ... distribués régulièrement comme il a été dit, à partir du point de départ α_1 dont on corrige la position exacte à chaque nouvelle approximation de k.

Les tâtonnements relatifs à cette troisième partie se conduisent assez rapidement. Avec des valeurs de k de l'ordre de 0,750, une modification de une unité sur le troisième chiffre décimal à partir de la valeur correcte se manifeste déjà par une déformation sensible des courbes Γ_1 et Γ_2 : dans un sens, elles se rapprochent trop vite et viennent couper Δ; dans l'autre, elles ne se rapprochent pas assez vite au début et accusent un peu plus loin une courbure en sens opposé de leur courbure normale.

La valeur $(1-k)$ ainsi déterminée, avec une précision de l'ordre de $\frac{1}{250}$, se montre permanente à cet ordre de précision dans des expériences répétées à température fixe. Elle apparaît ainsi comme une caractéristique très intéressante pour déceler et chiffrer l'évolution du caoutchouc. On opère toujours avec la même masse oscillante placée dans des conditions identiques, pour n'avoir pas besoin pratiquement d'éliminer, de l'effet global $(1-k)$, la partie minime qui correspond au frottement sur l'air.

On a là l'exemple d'un cas où l'un des phénomènes composants (l'amortissement par frottement) d'un ensemble complexe donné globalement par l'expérience peut être isolé par la condition de régularité imposée à ses variations.

NAVIGATION. — *Sur un appareil de calcul destiné à suppléer au calcul numérique et à l'usage des tables utilisées en navigation de groupes.* Note de M. **Charles Lafon**, présentée par M. d'Ocagne.

Quiconque a l'expérience de la navigation maritime et de la navigation aérienne a pu constater combien il est difficile de faire des graphiques tant soit peu compliqués (par exemple, ceux qui se rapportent à la recherche de l'ennemi, aux routes en zigzag, aux manœuvres d'ensemble, etc.) dans une carlingue d'avion ou sur une passerelle de petit navire.

Les ouvrages de tactique navale fournissent des tables nombreuses qu'on peut consulter utilement pour exécuter ces graphiques; mais la lecture de ces tables à plusieurs entrées est mal commode sur un petit bâtiment qui roule et tangue, ou dans une nacelle qui vibre. D'autre part, ces tables ne résolvent que des cas particuliers.

Cela nous a conduit à étudier et à mettre au point un appareil, qui pourrait être dit un *combinateur grapho-mécanique marin*, dont le but est de supprimer les graphiques et de substituer une manipulation simple à des dessins qui peuvent surcharger les cartes tout en présentant, par ailleurs, certaines complications.

Un rapporteur permet de lire des angles déterminés directement par l'appareil, angles qu'on est obligé de chercher dans les tables si l'on ne possède pas l'appareil de calcul grapho-mécanique ici décrit.

Cet appareil se compose de larges règles graduées, dites règles-mères, sur lesquelles peuvent coulisser des curseurs. Chacun de ces curseurs est muni d'un axe sur lequel on peut fixer d'autres règles graduées dites règles secondaires. Ces dernières règles sont munies, à leur extrémité, d'une petite douille pouvant s'emboîter sur l'axe de n'importe quel curseur.

L'appareil permet de résoudre immédiatement tout problème de composition de vitesses. Il permet aussi de connaître d'avance, approximativement, le temps qui sera nécessaire pour se rendre à un poste donné.

Appelons route relative la trajectoire que semble parcourir un navire (ou aéronef) observé B par rapport à un navire (ou aéronef) observateur A.

Il est clair que les deux routes relatives sont parallèles (qu'il s'agisse de la route apparente de B *vue de* A, ou de la route apparente de A *vue de* B). Elles se confondent lorsque les deux mobiles vont à la rencontre l'un de l'autre. Dans ce cas, on peut dire que la droite joignant les deux mobiles (dont nous supposons les trajectoires rectilignes) est la *route relative de collision*. La distance qui sépare les mobiles est la *distance relative* $\mathrm{D}r$, et la vitesse $\mathrm{V}a$ du navire A qui veut rejoindre le navire B est combinée avec la vitesse $\mathrm{V}b$ de B, de telle façon que le triangle des vitesses ait pour côté la droite qui se confond avec la route relative. La longueur de ce côté est dite *vitesse relative* $\mathrm{V}r$.

En vue de déterminer la route à suivre pour changer de poste dans une escadre ou une escadrille de navires ou d'aéronefs, considérons la position du « guide » qui est le régulateur de la manœuvre.

Si un navire A doit aller du poste $\mathrm{P}a$ au poste $\mathrm{P}'a$ *par rapport à ce guide*, on supposera simplement que le navire A cherche à entrer en collision avec un navire *fictif* B, placé en $\mathrm{P}'a$ et lié rigidement au guide.

Dès lors, la construction indiquée ci-dessus s'applique. Pour avoir la durée du changement de poste, il suffit de diviser par un certain nombre connu le rapport $\frac{\mathrm{D}r}{\mathrm{V}r}$.

L'appareil permet également de résoudre divers problèmes, notamment de tracer, sans le secours des tables, certaines courbes très intéressantes pour la tactique navale.

Il est commode de disposer l'appareil sur une planche orientable recou-

verte de papier quadrillé. On peut ainsi avoir la trace matérielle de toute combinaison grapho-mécanique réalisée au moyen de l'appareil. Il peut être indispensable, lors de certaines actions de guerre ou même lors de certaines manœuvres, de garder la preuve écrite de l'opération qui aura été ainsi réalisée ou tentée.

A titre d'exemple, indiquons que l'appareil présenté permet de résoudre d'intéressants problèmes tels que le suivant : Trouver la route et la vitesse d'un navire aperçu.

Pour résoudre ce petit problème, on visera le navire observé au moyen des axes de deux curseurs convenablement disposés. L'une des règles-mères de l'appareil sera maintenue (chacune de ces règles étant percée de deux trous pour le passage de vis) suivant la direction de l'axe longitudinal du navire ou de l'aéronef observateur. L'autre règle-mère et des règles secondaires convenablement disposées pourront pivoter librement. Un curseur de la règle immobilisée représentant la position A de l'observateur, on disposera deux curseurs dans deux directions du navire observé B, directions repérées à deux époques t_1 et t_2 connues. Les distances de l'observateur à l'autre navire sont également mesurées (au moyen du télémètre) aux époques t_1 et t_2.

Dès lors, l'appareil donne immédiatement la *route relative* de B et une triangulation mécanique rapide fournit la *route réelle*. On obtient la vitesse réelle par une division simple.

Si le navire A veut passer à une *distance donnée* du navire B (cas particulier = o) l'appareil indiquera de combien de degrés B devra incliner sa route (et dans quel sens) pour obtenir le résultat cherché.

Les indications données ci-dessus peuvent être très utiles, non seulement pour la marine de la guerre, mais aussi pour la marine marchande.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la stéréochimie du ruthénium.* Note de M. **Raymond Charonnat**, transmise par M. A. Béhal.

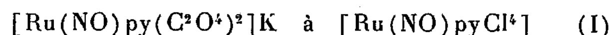
Dans une Note précédente (¹) j'ai fait connaître qu'on pouvait trouver des composés du ruthénium analogues à ceux de l'iridium dont la stéréochimie est élucidée, et obtenir enfin l'isomère d'une de ses combinaisons dans un cas où celui-ci est attendu.

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1279.

Parmi les corps décrits dans cette Note, certains sont en toute vraisemblance des racémiques; je n'en ai pas encore séparé les antipodes, mais j'ai pu, dans un autre cas, obtenir la première combinaison optiquement active du ruthénium.

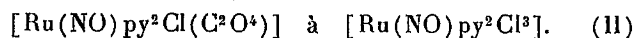
Les ruthénotrioxalates étant trop fragiles, je me suis adressé aux oxalates du ruthénium nitrosé qui forme des complexes robustes ([1]). L'action de 2^{mol} d'oxalate neutre de potassium sur le sel de Joly $[Ru(NO)Cl^5]K^2$ conduit à un ruthénonitrosochlorodioxalate $Ru(NO)Cl(C^2O^4)^2]K^2$ très soluble, très sujet à la sursaturation, donnant des sels d'alcaloïdes incristallisables et par conséquent peu apte à un dédoublement en antipodes. La substitution de 1^{mol} de pyridine à 1^{at} de chlore dans un anion complexe abaisse dans beaucoup de cas la solubilité, la ruthénonitrosopyridinodioxalate de potassium $[Ru(NO)py(C^2O^4)^2K(py = C^5H^5N)$ est en effet beaucoup plus maniable. On peut le préparer soit par action de la pyridine puis de l'oxalate de potassium, soit plus aisément par action successive de l'oxalate puis de la pyridine en quantités calculées, à 130°, sur le sel $[Ru(NO)Cl^5]K^2$. Il se présente en grandes tables tricliniques rouges bien cristallisées avec $4H^2O$. En même temps se forment en faible proportion de petits cristaux rouges insolubles de formule $[Ru(NO)py^2Cl(C^2O^4)]$.

Par l'acide chlorhydrique à la température de 100°, on peut remplacer les groupes oxaliques par du chlore et passer de



$$[Ru(NO)py(C^2O^4)^2]K \quad \text{à} \quad [Ru(NO)pyCl^4] \qquad (I)$$

et de



$$[Ru(NO)py^2Cl(C^2O^4)] \quad \text{à} \quad [Ru(NO)py^2Cl^3]. \qquad (II)$$

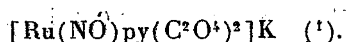
L'action ménagée de la pyridine sur le corps (I) fournit un complexe hydroxo $[Ru(NO)py^2Cl^2(OH)]$ qui, par l'acide chlorhydrique, se transforme en un corps identique au corps (II). Toutes ces combinaisons sont très stables.

Cette série de transformations faisait prévoir qu'il n'était point téméraire de tenter le dédoublement du ruthénonitrosopyridinodioxalate obtenu. Si cet ion complexe a la figure de l'octaèdre de Werner, les groupes (NO) et py ne peuvent être qu'en positions contiguës (isomère *cis*, asymétrique, donc dédoublable) ou en positions opposées (isomère *trans*, symétrique,

---

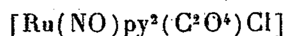
([1]) La valence (principale) du ruthénium dans les combinaisons nitrosées n'est pas connue, car les réactions qui conduisent des sels non nitrosés aux sels nitrosés sont compliquées; il n'est pas sûr qu'on puisse les assimiler aux combinaisons nitrosées du fer.

indédoublable). Supposons qu'il ne se soit point formé ou qu'on n'ait pas isolé de combinaison asymétrique dans la préparation de



$$[Ru(NO)py(C^2O^4)^2]K$$ (¹).

Alors (NO) et py sont en position *trans* dans $[Ru(NO)py(C^2O^4)^2]K$; les deux groupes py sont contigus au groupe (NO) dans



$$[Ru(NO)py^2(C^2O^4)Cl]$$

et de même quand des atomes de chlore sont venus prendre la place des groupes (C^2O^4); mais, à partir du corps (I) qui a un groupe py opposé au groupe (NO), on devrait, par substitution de pyridine, obtenir un corps différent du corps (II) qui, par hypothèse, n'a pas les groupes (NO) et py en position opposée. En fait, on obtient un corps identique : il s'est donc formé un complexe à formule asymétrique, vraisemblablement c'est le plus abondant $[Ru(NO)py(C^2O^4)^2]K$.

Par double décomposition avec le chlorhydrate neutre de quinine, celui-ci forme des sels roses peu solubles. La cristallisation fractionnée dans l'eau permet d'isoler deux sels de quinine isomères, l'un moins soluble (0,43 pour 100 à 100°) cristallise en aiguilles grossières, il est dextrogyre $\alpha_D = +252°$ dans une solution à volumes égaux d'alcool à 95° et de chloroforme, à une concentration voisine de 2 pour 1000; l'autre plus soluble (1,27 pour 100) cristallise en fines aiguilles, il est lévogyre $\alpha_D = -346°$ dans les conditions ci-dessus.

Les sels de quinidine cristallisent également, le moins soluble est lévogyre. La plupart des autres sels d'alcaloïdes ne cristallisent pas.

L'action des alcalis même dilués ou de leurs carbonates altère l'ion complexe, celle de l'ammoniaque sur les sels de quinine en solution alcoolique-chloroformique ne libère que la quinine, et permet d'obtenir des sels d'ammonium actifs sur la lumière polarisée, qui restent visqueux et ont un α_D voisin de $\pm 425°$ en solution aqueuse à 2 pour 1000. Des quantités équivalentes des sels droit et gauche en solutions concentrées donnent par mélange un précipité cristallin du racémique ammoniacal beaucoup moins soluble.

Le pouvoir rotatoire de ces combinaisons se conserve assez bien à la température ordinaire; après 30 jours la rotation produite par une solution n'a

---

(¹) Il paraît en être ainsi dans l'action de l'ammoniaque ou de l'éthylènediamine sur $[Ru(NO)Cl^5]K^2$ (voir *Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 1279).

pas varié; en 3 mois et demi, elle est passée de 1°48′ à 1°42′, quelques moisissures s'étant développées dans la solution.

Les sels actifs d'ammonium par double décomposition avec le chlorhydrate de pyridine donnent directement les sels de pyridine actifs en cristaux orthorhombiques anhydres assez solubles. Le racémique ne se prête pas à cette double décomposition, il faut passer par l'intermédiaire du sel d'argent pour obtenir le $(d+l)[Ru(NO)py(C^2O^4)^2]Hpy$.

Ainsi le ruthénium doit être ajouté à la liste des éléments, encore peu nombreux, qui peuvent, comme atomes centraux s'entourant d'un groupement dissymétrique d'atomes, former des combinaisons optiquement actives isolables.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur la composition des gaz de hauts fourneaux.* Note (1) de M. **J. Seigle**, transmise par M. Charpy.

Compositions arithmétiquement possibles en CO^2 *et* CO *dans les gaz du gueulard.* — En considérant le cas simple d'un haut fourneau où l'on réduit un oxyde de fer par du carbone pur, en soufflant de l'air sec aux tuyères, le gaz du gueulard est formé des gaz CO^2, CO et azote; j'ai montré dans des études antérieures que les teneurs en volumes pour 100 des gaz CO^3 et CO étaient liées par la relation linéaire

$$(1)\qquad \left[\frac{100}{B}-\frac{\mu(100-B)}{1,86\times B}\right]CO^2+\left[\frac{100+B}{2B}-\frac{\mu(100-B)}{1,86\times B}\right]CO=10,04,$$

formule dans laquelle B représente le pour 100 d'oxygène en volume dans le vent soufflé; μ le volume d'oxygène exprimé en mètres cubes (à 0° et 760mm) qui était combiné au fer dans le minerai réduit par 1kg de carbone chargé; c'est une quantité qui résulte des données de la charge du haut fourneau.

Le coefficient 1,86 est le rapport du volume moléculaire = 22,32 au poids moléculaire du carbone = 12.

Dans une représentation graphique (*fig.* 1), les teneurs arithmétiquement possibles en CO^2 et CO sont les points d'une certaine droite D; pour chaque teneur B en oxygène de vent soufflé, et chaque valeur μ d'oxygène du minerai réduit, on a une droite D déterminée.

(1) Séance du 24 mars 1924.

Point idéal de Gruner. — On admet généralement que la combustion du carbone au nez des tuyères donne du CO^2, lequel à quelque distance de là, par suite de la masse de coke, se transforme entièrement en CO.

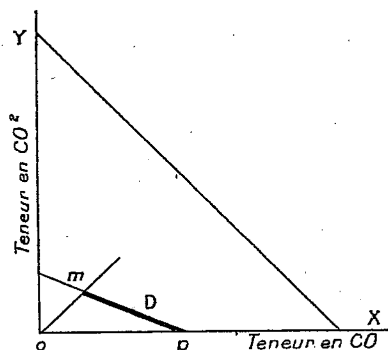


Fig. 1.

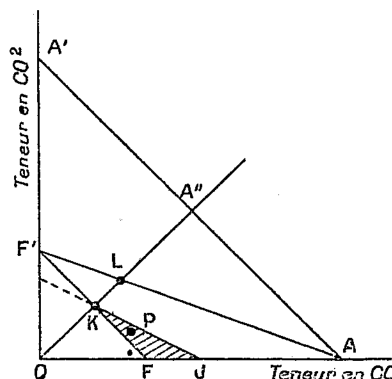


Fig. 2.

Le minerai est réduit en grande partie par ce CO (réduction dite indirecte); Gruner définissait comme marche idéale celle dans laquelle la réduction du minerai s'effectuerait ainsi dans sa totalité; c'est le mieux qu'on puisse demander au haut fourneau; le carbone aura alors dégagé dans le fourneau même le maximum possible de calories compatible avec la réduction qu'il a à effectuer.

J'ai démontré antérieurement que le rapport des teneurs en volumes des gaz CO^2 et CO, ou indice idéal de Gruner, serait alors

$$i_0 = \frac{2\mu}{1,86 - 2\mu}. \qquad (2)$$

Comme on le voit, ce rapport est indépendant de la teneur B en oxygène du vent soufflé.

Le « point idéal » pour la marche (B, μ) est donc le point m de rencontre de la droite caractéristique D et de la droite Om, telle que la tangente de l'angle XOm est égale à i_0.

Compositions réelles possibles. — Les compositions en CO et CO^2 seules possibles pour le haut fourneau avec la marche (B, μ) sont donc finalement représentées par les points du segment de droite mp; l'indice réel $\frac{CO^2}{CO}$ est inférieur à l'indice idéal, on a ce qu'on appelle de la réduction directe.

Valeurs extrêmes du volume μ d'oxygène réduit par 1^{kg} *de carbone.* — La valeur minimum de μ est zéro : on n'ajoute pas de minerai, on a un simple

gazogène; l'équation des droites D est alors

$$(3) \qquad \frac{100}{B} CO^2 + \frac{100+B}{2B} CO = 100.$$

La valeur maximum de μ résulte de la relation (2); elle est égale à $\frac{1,86}{2} = 0,93$, et l'indice idéal est alors infini; mais nos hauts fourneaux sont bien loin de pouvoir travailler avec une valeur de μ aussi élevée; on arrive au mieux vers $\mu = 0^{m^3},40$ par kilogramme de carbone.

Ensemble des compositions de gaz possibles avec l'air sec à 20 *pour* 100 *d'oxygène.* — En faisant $B = 21$ dans les relations (1) et (3) successivement $\mu = 0$ et $\mu = 0,93$, on pourra dire que les compositions possibles au haut fourneau en CO^2 et CO pour de l'air à 21 pour 100 d'oxygène seront représentées par les points limités par le triangle FF'A tel que

$$OF = OF' = \frac{200+21}{100+21} = 34,7, \qquad OA = 100.$$

Tous les points de la droite FF' sont des points de marche idéale pour les différentes valeurs de μ, de 0 à 0,93.

Marche idéale et mise au 0 *pour* 1000 *de coke.* — La quantité de coke par unité de poids de fonte produite, ou mise au 1000 de coke, est pour un minerai et une qualité de fonte donnés, inversement proportionnelle à μ. On voit alors, grâce à la relation (2), que la marche idéale de Gruner est d'autant plus difficile à réaliser que la mise au 1000 de coke a pu être plus abaissée (minerai plus riche, vent plus chaud, etc.).

Marche avec indice égal à l'unité. — D'après ce que l'on sait des conditions d'action de mélanges de CO et de CO^2 sur des oxydes de fer, il est très probable que le fait d'obtenir un gaz à peu près aussi riche en CO^2 qu'en CO, c'est-à-dire le fait d'avoir une marche avec indice $\frac{CO^2}{CO}$ atteignant l'unité, serait déjà un beau résultat; les compositions de gaz seront alors limitées au quadrilatère FKLA.

Le point F représente la teneur en oxyde de carbone 34,7 pour 100 à quelque distance des tuyères, avant toute action réductrice. Pratiquement, les actions réductrices diminuent la teneur en CO jusque vers 28 à 30 pour 100, et la teneur en CO^2 se trouve portée vers 8 à 12 pour 100, c'est-à-dire que les points représentatifs sont dans la région P.

Cas de marche avec air suroxygéné. — Les compositions possibles s'obtiendraient de même; ce qui changera ce sont les positions des points FF' qui se rapprochent progressivement des points A et A'.

Cas de marche avec de l'oxygène pur. — Les points de marche idéale sont ceux de la droite AA'; chaque marche idéale pour une valeur de μ toujours comprise entre 0 et 0,93 correspondant à un point bien déterminé de cette droite; les compositions de gaz en marche réelle pour une valeur donnée de μ, correspondraient à un point déterminé de AA' toujours situé en dessous du point idéal, et même très vraisemblablement situé en-dessous du milieu A''.

SPÉLÉOLOGIE. — *Sur la plus grande caverne d'Europe (Eis-Riesenwelt) et les paléo-circulations d'eaux souterraines en hautes montagnes.* Note (¹) de M. **E.-A. Martel**, présentée par M. Louis Gentil.

Depuis 1919, des alpinistes et topographes de Salzburg et de Munich ont exploré et révélé la plus grande caverne actuellement connue en Europe. Au 2 juillet 1923, les levés au théodolite (à l'échelle de $\frac{1}{400}$) de MM. Oedl, von Czörnig, von Angermayer, etc., s'étendaient sur 30^{km} de labyrinthes souterrains d'un seul tenant (Adelsberg-Postumia ne compte que 21^{km} de galeries connues, dont 11 sans interruption).

La nouvelle caverne, située à 36^{km} au sud-sud-est de Salzburg, avait été découverte (sur 220^{m} de longueur seulement) en 1878-1879, par A. von Posselt, dont on aurait dû lui conserver le nom. Elle s'ouvre à 1641^{m} d'altitude, dans le massif du Tennen-Gebirge (2428^{m}; calcaire néotriasique du Dachstein). En 1913, von Mörk, Rühl et von Angermayer purent pénétrer jusqu'à 600^{m}, en escaladant des murs de glace et en surmontant de considérables difficultés. Les recherches, reprises depuis 1919, ont reconnu que l'immense *réseau* de ces galeries est coupé d'abîmes et de siphons désamorcés et rempli de dépôts alluvionnaires et conglomérats très anciens, qui prouvent l'existence d'une paléo-rivière souterraine considérable, dont on n'a pas encore retrouvé les points de pénétration extérieurs. La dénivellation des galeries atteint 200^{m} (jusqu'à 1840^{m} d'altitude). Deux kilomètres sont occupés par des amoncellements très pittoresques de glaces; celles-ci se forment *en hiver*, par suite de la pénétration de l'air froid ou des neiges, descendant des gouffres, lapiaz crevassés et bassins absorbants du Tennen-Gebirge. En été, ces glaces fondent partiellement. On considère qu'on a découvert ainsi la plus grande glacière naturelle du monde. Ce qui lui a fait donner le nouveau nom d'Eis-Riesenwelt (monde glacé géant). L'exploration n'est pas achevée.

L'orifice d'entrée est à 1120^{m} au-dessus du cours actuel de la Salzach (à Werfen, 520^{m}).

Il faut rappeler, à propos de cette importante trouvaille, que, de 1909

(¹) Séance du 14 avril 1924.

à 1913, MM. Bock, Lahner, etc., avaient déjà révélé, dans une situation et avec des caractères identiques, d'autres gigantesques cavernes (également avec glacières naturelles), sous les plateaux du massif même du Dachstein, entre 1400 et 1450^m d'altitude, à 1000^m au-dessus du cours actuel de la Traun, près Hallstadt. Ici, le réseau de cette haute paléo-Traun souterraine est reconnue sur 10^{km} d'étendue.

D'autre part, les témoins d'anciens écoulements souterrains analogues existent en grand nombre, d'un bout à l'autre des Alpes calcaires du nord-est, depuis le Schneeberg jusqu'au Vorarlberg, entre 1200 et 2000^m d'altitude, sur 500^{km} d'étendue, et dominant de 800 à 1500^m le fond des vallées actuelles. Il serait prématuré de tirer la moindre conclusion synthétique de cet ensemble de faits : il faut se borner à signaler qu'ils résultent d'une ancienne circulation souterraine très puissante et très élevée. M. Boch, en 1913, a évalué le débit de la paléo-Traun fossile des cavernes du Dachstein à 1500 ou 3000$^{cm^3}$ par seconde. Il a constaté surtout que leurs conglomérats ressemblent à des dépôts extérieurs d'âge *miocène*, et comprennent des matériaux venant des Tauern centrales (quartzites, gneiss, schistes ardoisiers).

Il est donc permis tout au moins d'affirmer l'ancienne existence dans les Alpes calcaires du nord-est, d'une circulation hydrologique souterraine très puissante, au moins pliocène, et peut-être miocène, analogue à celle qui, de nos jours, fonctionne encore beaucoup plus bas, dans les grands tunnels actuels souterrains du Laos (bassin du Mékong), dans les percées du Plantaurel (Ariège), etc.

Les Alpes calcaires du sud-est, de la Styrie au Frioul, présentent aussi des phénomènes semblables, mais qu'on n'a pas encore suffisamment recherchés.

Il est curieux qu'en Suisse, parmi les Alpes calcaires, du Säntis au bas Valais, on n'ait guère trouvé, jusqu'à présent, dans les hauteurs, que des bassins fermés, avec lacs à écoulements souterrains (catalogués en 1911-1913 par M. Lugeon et Mme Jérémine, d'après les cartes suisses). Il y a cependant des abîmes inexplorés, profonds, dit-on, de plus de 100^m, dans le canton de Fribourg, près Albeuve, vers 1400 à 1500^m d'altitude, et diverses glacières souterraines à de plus grandes altitudes. Les recherches suisses sont incomplètes sous ce rapport. Le Höll-Loch du Muoathal, près Schwytz (environ 10^{km} connus) n'est qu'à 735^m d'altitude; et la résurgence de ses eaux drainant les lapiaz de la Karren-Alpe à 630^m. L'investigation d'ailleurs n'en est pas encore terminée [1].

---

[1] Voir *Comptes rendus*, t. 135, 1902, p. 305; *Spéléologie* (XXe siècle), p. 359.

En France du moins, dans les préalpes ou chaînes subalpines (Alpes calcaires de France), le phénomène des hautes absorptions anciennes revêt une extension considérable, depuis le Salève jusqu'au Garagaï de la montagne de Sainte-Victoire en Provence. Ici encore, toutes les recherches sont à approfondir; faute de temps et de ressources, je n'ai pu que les préparer (1892 à 1906) au désert de Platé, au Parmelan, en Grande-Chartreuse, en Dévoluy, en Vercors, en Vaucluse, aux Plans de Canjuers, etc. (¹). En Dévoluy surtout, j'ai montré que les *chourums* doivent être entre 1550^{m} et 1900^{m}, les portes d'entrée d'immenses cavités souterraines (probablement analogues à l'Eis-Riesenwelt) conduisant encore les percolations du massif aux deux résurgences des Gillardes (alt. 863^{m},6 et 867^{m},2 N. G.); mais ces chouruns (une centaine connus, une quinzaine partiellement explorés) sont intérieurement défendus par de puissantes glacières et par des avalanches souterraines, qui ont limité nos premières tentatives de descente à 70^{m}, notamment au chourun Martin, profond d'au moins 310^{m} et probablement de 500^{m} [de même, en Vénétie, près de Bellune, le Buso de la Lume, du Cansiglio, altitude 1030^{m}, a été exploré à 60^{m}, sondé à 254^{m} (en 1904) et supposé profond de 460^{m}].

Enfin le Caucase en 1903 et les Pyrénées, de 1907 à 1910, nous avaient aussi valu de semblables constatations préliminaires (voir *Comptes rendus*, passim, 1903 à 1910) le gouffre de Heyle à Cacouette (pays Basque) paraît avoir 265^{m} de profondeur, etc.

En résumé, la récente et capitale découverte autrichienne confirme la généralité et l'importance de manifestations hydro-géologiques (les paléo-circulations souterraines de montagnes), dont l'investigation et surtout l'explication demeurent encore fort peu avancées; mais leurs énigmes se trouvent posées par un ensemble et par un nombre de faits constatés, dont les traités de géologie et de géographie physique sont désormais tenus de signaler tout au moins l'existence.

Pour plus amples conclusions, il convient d'attendre la continuation des recherches et la multiplication des résultats.

(¹) Voir *Comptes rendus*, passim; *Traité des Eaux souterraines*, Paris, 1921, p. 127, etc.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la loi générale de l'excitation.* Note [1] de M. P. Lasareff, présentée par M. Jean Perrin.

Nos études ont démontré que les ions peuvent provoquer dans tous les organes sensibles une excitation dont l'intensité dépend de la concentration des ions. Dans la présente Note nous développons la loi générale qui permet d'obtenir dans tous les cas possibles le lien entre l'accroissement à peine appréciable de l'excitateur extérieur et l'intensité de cet excitateur même.

Soient C_e la concentration des ions excitants, C_d celle des ions déprimants, provoquée par l'action des excitateurs extérieurs; nous admettrons que pour les excitations à peine appréciables il doit exister une relation

$$A = \sum_s \left[\sum_e \frac{\Delta C_e}{C_e + a_e} - \sum_d \frac{\Delta C_d}{C_d + a_d} \right], \tag{1}$$

A étant une constante, a_e, a_d des concentrations des ions excitants et déprimants à l'état de repos. Les sommes $\sum_e$ et $\sum_d$ sont étendues à tous les ions excitants et déprimants et la somme $\sum_s$ à tous les éléments excités du tissu.

1. *Excitation limitrophe des nerfs et des muscles.* — En supposant que nous comparons l'état de repos ($C_e = 0$ et $C_d = 0$) et l'état de l'excitation minima, nous avons pour chaque fibrille

$$A = \frac{\Delta C_e}{a_e} - \frac{\Delta C_d}{a_d} \quad \text{ou} \quad A = \frac{\Delta C_e + a_e}{a_e} - \frac{\Delta C_d + a_d}{a_d};$$

$C_1 = \Delta C_e + a_e$ étant la concentration limitrophe des ions excitants et $C_2 = \Delta C_d + a_d$ celle des ions déprimants, nous obtenons

$$A = \frac{C_1}{a_e} - \frac{C_2}{a_d}.$$

Cette loi a été démontrée théoriquement par moi et empiriquement trouvée par Loëb [2].

---

[1] Séance du 14 avril 1924.

[2] Les indications bibliographiques sur les travaux cités dans les paragraphes 1, 2, 3, 4 et 5 se trouvent dans les monographies : P. Lasareff, *Recherches sur la théorie ionique de l'excitation* (Moscou, 1918); *Ionentheorie der Reizung* (Bern und Leipzig, 1923).

2. *Excitation de l'organe de la vision.* — Pour la vision monochromatique, il existe seulement un ion excitant, dont la concentration est $C_e = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} KJC$ (1), α_1, α_2 étant des constantes, K une constante d'absorption du pigment photosensible, J l'intensité de la lumière et C la concentration du pigment. Si J est faible et que par suite C puisse être envisagée comme constante, nous aurons

$$A = \sum_s \frac{\frac{\alpha_1}{\alpha_2} KC\Delta J}{\frac{\alpha_1}{\alpha_2} KCJ + a_e} \quad \text{ou} \quad A = \Delta J \sum_s \frac{1}{J + \alpha},$$

où

$$\alpha = \frac{a_e \alpha_2}{\alpha_1 KC}.$$

Nous obtiendrons alors la formule de Helmholtz confirmée par les mesures de König, Brodhun et nos propres expériences.

3. *Excitation de l'organe de l'ouïe.* — Si sur l'organe de Corti agit un ton, il existe seulement un ion excitant dont la concentration est $C_e = mJC$ (2), m étant une constante, C la concentration de la substance tono-sensible, J l'intensité du ton. Dans ce cas c'est une fibre nerveuse qui est excitée. Nous avons par conséquent

$$A = \frac{\Delta C_e}{C_e + a_e} = \frac{\Delta J}{J + \frac{a_e}{mC}} = \frac{\Delta J}{J + \beta};$$

β étant une constante si J est petite. Nous obtenons ainsi la loi confirmée dans mon laboratoire par M. P. Belikov.

4. *Excitation de l'organe du goût.* — En appliquant les idées fondamentales de la théorie ionique de l'excitation nous pouvons écrire que $C_e = mC$, où C est la concentration de la substance provoquant la sensation de goût, m étant une constante (3). Nous obtenons

$$A = \sum_s \frac{\Delta C_e}{C_e + a_e} = \sum_s \frac{\Delta C}{C + \frac{a_e}{m}}.$$

Cette formule a été vérifiée dans mon laboratoire par Mlle Barycheva.

5. *Action du courant électrique sur les nerfs et les muscles.* — Nous avons

(1) P. Lasareff, *Recherches*, p. 98.
(2) P. Lasareff, *loc. cit.*, p. 141-142.
(3) P. Lasareff, *loc. cit.*, p. 147.

dans ce cas $C_e = ni$, n étant une constante et i l'intensité du courant. Par conséquent

$$A = \sum_S \frac{\Delta C_e}{C_e + a_e} = \Delta i \sum_S \frac{1}{i + \frac{a_e}{n}},$$

si i est assez grande, nous avons approximativement

$$A = B \frac{\Delta i}{i},$$

B étant une constante.

Cette formule a été obtenue expérimentalement par M. A. Leontovitsch. Comme on le voit la loi (I) présente une généralisation de la loi de Weber-Fechner.

MICROBIOLOGIE. — *De l'influence du pouvoir bactéricide du lait cru sur les ferments lactiques entretenus dans du lait stérilisé, et de la sélection empirique des ferments lactiques.* Note [1] de M. **P. Mazé**, présentée par M. Roux.

Le pouvoir bactéricide du lait frais a été reconnu pour la première fois par Fokker en 1890. En 1908 M.-J. Rosenau et G.-W. Mc Coy [2] concluent de leurs recherches que « l'action germicide du lait frais, au surplus faible et inconstante, varie suivant les animaux, et dans le lait d'un même animal suivant les époques ».

L'emploi systématique des cultures pures de ferments lactiques dans les industries du lait m'a permis de mettre cette propriété en lumière d'une façon frappante.

M. de Bresson, propriétaire de la fromagerie de Marans, m'informait un jour que les ferments lactiques qu'il entretenait lui-même, suivant la méthode que je lui avais enseignée au Laboratoire, s'étaient montrés brusquement incapables d'acidifier convenablement le lait écrémé pasteurisé à 95° pendant une heure, et refroidi à 30°, température à laquelle se faisait l'ensemencement.

Le pouvoir acidifiant de ces mêmes levains était encore plus atténué vis-à-vis de la crème pasteurisée à 70° et refroidie à 15°; leur activité était tel-

(1) Séance du 14 avril 1924.

(2) M.-J. Rosenau et G.-W. Mc Coy, *Hygienic Laboratory* (*Bulletin*, n° 41, p. 449, Washington, 1908).

lement réduite qu'on ne pouvait se défendre de l'idée que l'on se trouvait en présence d'antiseptiques; mais les recherches entreprises dans cette voie sont restées sans résultat. Par contre, les cultures faites dans du lait écrémé stérilisé à 115° qui servaient à ensemencer le lait pasteurisé, ne présentaient pas la moindre variation permettant de supposer que leur activité avait fléchi.

Les accidents survenus pour la première fois vers la fin du premier mois de mars qui a suivi la mise en pratique de la méthode ont duré une dizaine de jours, avec une intensité variable. Ils se sont reproduits l'année suivante avec, en plus, quelques récidives espacées au cours du printemps, plus rares en automne.

Voici les chiffres d'acidité des levains relevés par M. de Bresson au cours d'une période de marche irrégulière observée vers la fin de juin :

Acidité du lait en grammes d'acide lactique par litre.

Numéros des préparations.	Avant la pasteurisation.	Après l'ensemencement.	Après 5 heures à 30°.	Après 20 heures : 30°-23°, moment de l'emploi.
1	2,2	3,2	5,4	9,0
2	2,1	3,1	3,3	4,5
3	2,1	3,1	3,7	4,5
4	2,0	3,0	3,9	8,3
5	2,0	3,0	3,3	4,3
6	2,1	3,8	3,8	9,2
7	2,4	3,4	6,2	9,0

L'acidification des n°s 1 et 7 a été régulière bien que l'acidité finale soit restée un peu au-dessous de la normale qui va de 9^g à 10^g; sa marche a été troublée dans toutes les autres opérations; le n° 6 a présenté au début un retard qui a été gagné rapidement par la suite.

Des faits de même ordre ne m'ont pas été signalés jusqu'ici dans aucune autre région de France; il est donc vraisemblable que le pouvoir bactéricide du lait frais, dû aux alexines empruntées au sang varie avec les races laitières; il se montre particulièrement renforcé au début du printemps, sous l'influence du changement de régime.

Le fait que les ferments lactiques entretenus dans le lait stérilisé y perdent leur « immunité » vis-à-vis du lait frais doit être pris en considération si l'on veut préparer régulièrement des levains lactiques actifs.

Le pouvoir bactéricide du lait frais n'a pas échappé à l'observation empirique, et elle a su en tirer un parti très curieux en vue de la sélection d'espèces résistantes.

L'immunité acquise ou naturelle de ces espèces est d'ailleurs entretenue par des coutumes que la pratique a judicieusement établies. C'est, en effet, cette immunité que les fermières bretonnes mettent en œuvre dans la préparation du lait visqueux (gros lait) en celte « Gweden » (¹) : Le lait est ensemencé immédiatement après la traite à la température de 35-36° par conséquent, avec 2 pour 100 environ de lait fermenté emprunté à une préparation antérieure. Il caille au bout de dix à douze heures en été, et prend en même temps une consistance gélatineuse qui persiste même après un battage énergique. Le ferment lactique du « Gweden » se présente sous la forme de longues chaînes à gros éléments encapsulés.

Cultivé dans du lait stérilisé à 115°, il perd plus ou moins vite la propriété de rendre le lait visqueux; il la reprend rapidement après quelques passages dans le lait cru ou le sérum de bovidés, sous la réserve, cependant, que l'un et l'autre renferment le principe bactéricide.

Le mode de défense contre les principes bactéricides qui consiste chez le ferment lactique du « Gweden » à s'envelopper d'une épaisse capsule mucoïde, est assez répandu dans le monde des microbes. La bactérie du charbon, en particulier, se comporte de la même manière dans le sérum de rat, animal réfractaire au charbon, et dans un sérum bactéricide prélevé sur un animal vacciné.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Des anatoxines.* Note de M. G. **Ramon**, présentée par M. Roux.

J'ai proposé le nom d'anatoxine diphtérique (²) pour désigner une toxine diphtérique ayant subi l'action prolongée de la chaleur à l'étuve, ou mieux encore l'action de la chaleur et de l'aldéhyde formique et qui, dépourvue de tout pouvoir nocif, flocule en présence de l'antitoxine comme la toxine d'où elle est issue et donne aux animaux auxquels on l'injecte une immunité active accompagnée de production d'antitoxine.

La toxine diphtérique est-elle la seule capable d'une telle transformation? J'ai déjà indiqué que sous les mêmes actions la toxine tétanique pou-

(¹) P. Mazé, *Les microbes dans l'Industrie fromagère* (*Annales de l'Institut Pasteur*, t. 19, p. 378).

(²) G. Ramon, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1338. — Voir aussi *C. R. Soc. Biologie*, t, 89, 1923, p. 2, et *Annales Institut Pasteur*, t. 38, 1924, p. 1.

vait aussi se transformer en anatoxine [1]. D'autres toxines microbiennes sont sans doute susceptibles d'être ainsi modifiées [2].

J'ai cherché s'il en était de même de certains poisons végétaux et des venins, très semblables par leurs propriétés aux toxines microbiennes. Dans ce but, je me suis adressé d'une part à une toxalbumine végétale : l'abrine, extraite des graines de l'*Abrus precatorius*, d'autre part au venin de cobra.

Préparons donc, tout d'abord, une solution d'abrine [3] que nous additionnons de formol (4 à 5 pour 1000 de la solution commerciale). Après 5 semaines de séjour à la température de l'étuve (38° à 40°), cette solution qui, primitivement, tuait en 48 heures un cobaye de 300^{g} à la dose de $\frac{1}{200}$ de centimètre cube, ne se montre plus toxique pour cet animal même à la dose de plusieurs centimètres cubes. Injectons sous la peau d'un certain nombre de cobayes 1$^{cm^3}$ de cette abrine, ainsi rendue atoxique; un mois après cette unique injection, leur immunité est telle qu'ils supportent facilement 15 à 20 doses mortelles pour un cobaye neuf [4]. Si avec ce même produit nous faisons à des lapins une série de six injections sous-cutanées de 3 à 6$^{cm^3}$ chacune, à 4 ou 5 jours d'intervalle, ces animaux, 5 semaines après la première injection, résistent à plus de 100 doses mortelles [5].

A ce moment 1$^{cm^3}$ de leur sérum est capable de neutraliser 30 à 40 doses mortelles (pour le cobaye).

Dissolvons 50^{cg} de venin de cobra [6] dans 200$^{cm^3}$ d'eau physiologique. Cette solution, qui tue en 5 heures un lapin de 1800^{g} à la dose de 0$^{cm^3}$,5

---

(1) Rappelons que Löwenstein (et ses collaborateurs), qui a préconisé l'emploi de la toxine tétanique formolée au début de l'immunisation des chevaux producteurs de sérum, prétend que la toxine diphtérique se prête mal à l'action du formol.

(2) Weinberg et Goy, *C. R. Soc. Biologie*, t. 90, 1924, p. 269.

(3) D'après la technique indiquée par Calmette et Delarde (*Annales de l'Institut Pasteur*, t. 10, 1896, p. 675).

(4) Rehns (*C. R. Soc. Biologie*, 1914) fait agir le formol sur de l'abrine de Merk en poudre. D'après cet auteur, au bout de 48 heures, on peut injecter l'abrine à n'importe quelle dose sans pouvoir produire l'immunité. Il est probable, sinon certain, que, dans ce cas, le formol, agissant en trop fortes proportions et trop brutalement, a détruit à la fois et le pouvoir toxique et le pouvoir antigène de l'abrine ainsi traitée.

(5) Avec une solution d'abrine non modifiée il faut au moins 6 mois, des injections multiples et beaucoup de prudence pour arriver sensiblement au même résultat (Calmette et Delarde, *loc. cit.*).

(6) Que nous devons à l'obligeance de MM. Calmette et M. Nicolle.

(soit $1^{mg},25$) en injection sous-cutanée, ne se montre nullement nocive pour cet animal, même à la dose de 10 ou 15^{cm^3}, lorsque, après l'avoir additionnée de 4 à 5 pour 1000 de formol, on lui a fait subir un séjour de 3 à 4 semaines à l'étuve. Des lapins qui reçoivent sous la peau, à 4 ou 5 jours d'intervalle, des injections de 5, 10, 12 et 15^{cm^3} de cette solution devenue inoffensive, sont capables de supporter, 3 semaines après la première injection, jusqu'à 40 doses mortelles de venin [1] (50^{mg}). Si avant de les éprouver ainsi on les a saignés, on constate que leur sérum neutralise déjà sous le volume de 1^{cm^3}, 5 à 10 doses mortelles (pour le cobaye) de venin, soit environ 2^{mg} [2].

Ces essais montrent qu'avec l'abrine, avec le venin on peut obtenir, comme avec les toxines diphtérique et tétanique, des « anatoxiques » capables d'engendrer une immunité et une production d'antiabrine ou d'antivenin dont les résultats qui précèdent permettent d'apprécier toute la valeur, surtout si on les compare à ceux acquis si difficilement et si lentement avec les poisons non modifiés.

Si maintenant on se place à un point de vue plus général, on peut tout d'abord remarquer que toxines microbiennes, toxalbumines végétales, venin, constituent le groupe très important des « antigènes toxiques » dont précisément la toxicité est toujours un obstacle lorsqu'il s'agit d'immunisation. Les résultats concordants obtenus dans chacune de ces trois catégories, soit avec la toxine diphtérique, soit avec l'abrine, soit avec le venin de cobra, montrent la possibilité de transformer les antigènes toxiques en antigènes inoffensifs, en « anatoxines » [3], ce qui facilite grandement

---

(1) Déjà Calmette avait songé à diminuer la toxicité des venins et du venin de cobra en particulier, en l'additionnant avant de l'injecter, d'hypochlorite de chaux. Par ce procédé on peut vacciner un lapin contre 20 doses mortelles en 3 mois (CALMETTE, *Les venins*).

(2) La petite quantité des sérums antiabrique et anticobra dont nous disposions après leur dosage, nous a permis cependant de nous rendre compte de leur floculation en présence de leur antigène respectif, toxique ou anatoxique. L'immunisation d'un cheval contre le venin de cobra, que nous entreprenons dès maintenant nous permettra, grâce à l'abondance du sérum, de mettre au point la réaction de floculation et de mesurer *in vitro* le pouvoir antigène des venins anatoxiques comme nous dosons la valeur immunisante de l'anatoxine diphtérique.

(3) Sans vouloir entrer ici dans des détails d'un autre ordre, nous dirons simplement que la communauté et la facilité de réaction et de transformation de ces « antigènes toxiques » sous les mêmes influences, de même que la similitude des réactions *in vitro* (floculations) de ces antigènes toxiques ou anatoxiques et de leur antitoxine pourra nous éclairer sur la constitution de ces antigènes et de leurs antitoxines.

l'immunisation des animaux et fournit aussi dans nombre de cas un moyen anodin de préserver l'homme d'affections graves.

M. **P.-W. Stuart-Menteath** adresse une Note intitulée : *Sur les mylonites des Pyrénées.*

La séance est levée à $15^h 35^m$.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 31 mars 1924.)

Note de MM. *Marcel Godchot* et *Pierre Bedos*, Sur l'obtention de stéréoisomères dans la série du cyclohexanol disubstitué :

Page 1185, ligne 10, *au lieu de* (95°-99°), *lire* (99°-105°); ligne 12, *au lieu de* (99°-105°), *lire* (95°-99°).

(Séance du 7 avril 1924.)

Note de M. *A. Blondel*, Abaque pour le calcul des constantes caractéristiques :

Page 1242, ligne 3, *au lieu de* Abaque des constantes, *lire* Réduction au quart de l'abaque des constantes.

Page 1244, ligne 5 en remontant, *au lieu de* $\frac{\theta'}{2}$, *lire* $\frac{\pi - \theta'}{2}$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Publications périodiques reçues pendant le premier trimestre 1924.

Abridged scientific publications from the research Laboratory of the Eastman Kodak company. Rochester.

Académie royale de Belgique; classe des sciences; mémoires; collection in-8°. Bruxelles.

Académie royale de Belgique; classe des sciences; mémoires; collection in-4°. Bruxelles.

Acta Academiæ Aboensis; II, *mathematica.* Åbo.

Acta Societatis botanicorum Poloniæ. Varsovie.

Almanaque nautico. San Fernando.

American journal of botany: official publication of the botanical society of America. Lancaster, London.

American naturalist (the). Lancaster, Garrison. New-York.

Anales de la Facultad de medicina. Montevideo.

Annaes do Museu Paulista. Sao Paulo.

Annales Academiæ scientiarum Fennicæ; série A. Helsingfors.

Annales de chimie. Paris.

Annales de l'observatoire de Ksara (Liban).

Annales de médecine et de pharmacie coloniales. Paris.

Annales des mines ou recueil de mémoires sur l'exploitation des mines et sur les sciences et les arts qui s'y rattachent. Paris.

Annales des ponts et chaussées. Parties technique et administrative. Paris.

Anali di chimica. Trieste.

Annals of the astronomical Observatory of Harvard college. Cambridge, Mass.

Annuaire de l'Académie royale ... de Belgique. Bruxelles.

Annuaire de la fondation Thiers. Issoudun.

Annual report of the american scenic and historic preservation society.

Annual report of the director of the bureau of standards to the secretary of commerce. Washington.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 AVRIL 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Nous venons de perdre, à l'âge de 83 ans, **J. E. B. Warming**, ancien professeur à l'Université de Copenhague, et qui, pour notre section de Botanique, était à la fois le doyen d'âge et le doyen de nomination de ses Correspondants.

Il naquit à Manö, dans le Jutland occidental, le 3 novembre 1841. De bonne heure il voyagea au Brésil, où il étudia méthodiquement, dans la province de Miñas Geraès, les forêts qui bordent les cours d'eau de la région sèche des Campos.

Il recueillit là une quantité considérable de notions biologiques, morphologiques, et, sur une étude d'environ 170^{km^2}, il rassembla une collection de près de 3000 espèces : nombre considérable, car le Danemark, sa patrie, n'en contient que la moitié sur une surface 200 fois plus grande.

De retour dans son pays, aidé de collaborateurs choisis, mais en réservant pour lui les familles les plus difficiles, il étudia ces riches matériaux et en composa un ouvrage spécial, *Symbolæ ad floram Brasiliæ australis cognoscendam*.

Plus tard il entreprit une série de recherches sur la biologie des plantes arctiques : c'était comme la préparation à un grand travail sur la végétation du Groënland, qu'il visita en 1884. Un des résultats de cette nouvelle étude fut de montrer que, vraisemblablement, il n'y a pas eu de communi-

cation directe entre l'Islande et le Groënland depuis la période glaciaire.

En 1895, il publia un ouvrage fondamental (*Les Associations végétales*, essai de Géographie botanique écologique) où sont envisagées surtout les relations qui existent entre les plantes, leurs associations et le monde où elles vivent. Il établit là divers principes qu'il a développés dans ses *Excursions botaniques*, en les appliquant à des localités déterminées de son pays; et il y donne, pour la botanique floristique, des directions nouvelles et pleines d'avenir.

L'important ouvrage que publia M. Warming en 1909 sous le titre de *Œcology of Plants* peut être considéré comme l'exposé classique des principes généraux de la Géographie botanique.

Il serait trop long de mentionner ses autres publications, même en se bornant aux plus importantes, sur l'anatomie et la morphologie des feuilles, des inflorescences, sur la ramification des Phanérogames, sur les organes pollinipares, sur l'ovule, etc.; mais j'espère en avoir assez dit pour montrer la grande place qu'a tenue M. Warming dans les progrès modernes de la Botanique.

Il avait été élu notre Correspondant le 7 mars 1904.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Amé Pictet**, professeur à l'Université de Genève, Correspondant pour la Section de Chimie, et à M. **A. F. Holleman**, professeur de Chimie à l'Université d'Amsterdam, qui assistent à la séance.

MÉCANIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Démonstration expérimentale et mesure précise des phénomènes de résonance propre des arbres-manivelles des moteurs à explosion; rôle du volant; influence favorable d'un accouplement élastique.* Note de MM. **André Blondel** et **Henri Harlé**.

Des ruptures d'arbres-manivelles ont été constatées dans les moteurs à explosion employés pour les automobiles, l'aviation, etc., bien que ces arbres aient été largement calculés; on a été ainsi amené à supposer qu'ils sont le siège de phénomènes de résonance [1]; mais ces derniers n'ont jamais été démontrés ni mesurés. Il nous a donc paru intéressant de procéder à des

---

[1] Cf. *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1171; t. 178, 1924, p. 46, 354, 1120 et 1143.

essais systématiques sur un moteur à explosion, dont une rupture d'arbre avait été antérieurement attribuée par l'un de nous à de tels phénomènes.

Caractéristiques du moteur essayé. — Ce moteur à essence, construit pour donner une puissance de 250 CV à 1200 t : min, est à six cylindres; l'arbre-

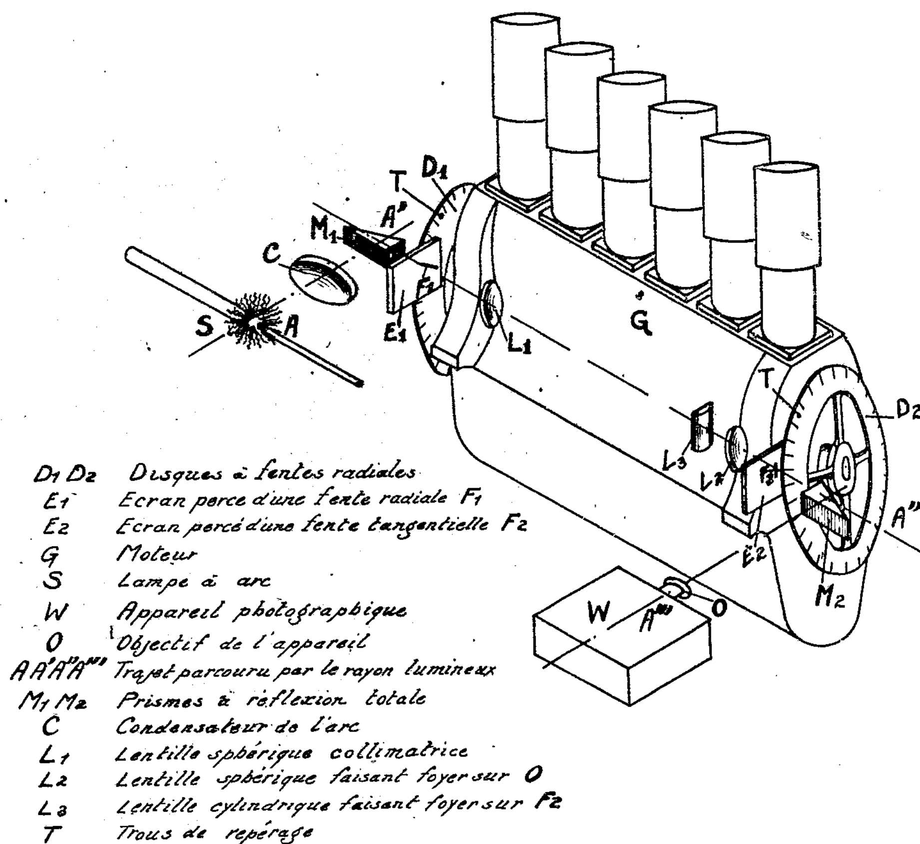


Fig. 1. — Dispositif pour l'enregistrement des écarts de torsion de l'arbre-manivelle.

manivelle possède un contrepoids pour chaque bras de manivelle; et à son extrémité, un plateau, sur lequel est fixé, suivant les cas, soit le volant, soit l'accouplement élastique, formé de lames de ressorts, rayonnantes, dont une extrémité est fixée sur un moyeu solidaire du plateau du moteur; l'autre oscille sur des chevilles enfoncées dans le plateau d'entraînement de la dynamo.

Dispositifs d'expériences. — Les essais, qui ont été exécutés dans les ateliers des anciens Établissements Sautter-Harlé, suivant les dispositifs

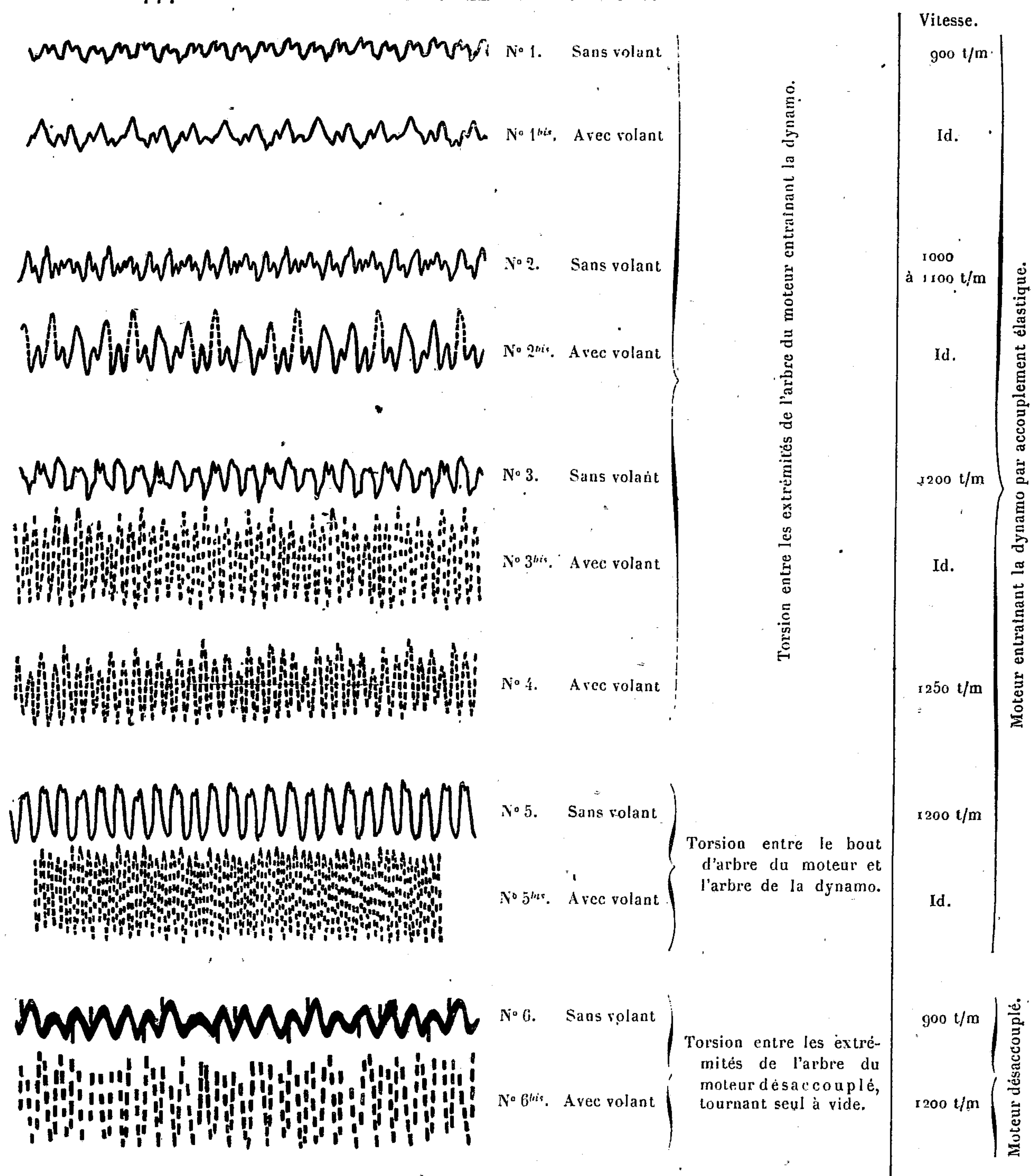


Fig. 2. — Reproduction de quelques courbes photographiques légèrement agrandies.

optiques préconisés par l'un de nous ([1]) ont entraîné pour leur réalisation un temps, un travail considérables ([2]) et un nombreux personnel entraîné.

Le dispositif optique (*fig.* 2.) a été simplifié en réalisant un parcours direct des rayons entre les deux disques à fentes; mais le remplacement de la lentille cylindrique de champ par une lentille sphérique placée en arrière du second disque, a occasionné, dans les grandes résonances, un manque de lumière sur les bords. L'appareil cinématographique à film extra-sensible était entraîné d'une façon continue, à une vitesse constante, par un moteur électrique. Les deux disques, en duralumin de 2^{mm} d'épaisseur et 800^{mm} de diamètre, portaient, à intervalles égaux, 120 fentes de $\frac{8}{10}$ de millimètre de largeur (dans les grandes résonances, on a dû obturer une fente sur deux) et avaient été travaillés ensemble et rigoureusement centrés sur l'arbre (au $\frac{1}{10}$ de millimètre près); hauteur des fentes, 20^{mm}.

Dans chaque série d'essais, on a enregistré sur un même film les oscillations obtenues, soit pendant l'accélération entre 800 et 1250 à 1300 t : min, soit pendant des régimes permanents, soit à vide, soit en charge.

Exposé des résultats obtenus. — Des centaines de mètres de bandes ainsi enregistrées, nous avons extrait et reproduit, à une échelle légèrement agrandie, les parties les plus caractéristiques; ces tronçons sont groupés dans la planche ci-contre deux à deux, de façon à permettre de comparer les régimes avec volant et sans volant, et les régimes avec et sans dynamo accouplée.

Deux remarques préliminaires sont à faire :

a. Les oscillations forcées concordantes tendent à être produites par l'harmonique 6 des couples moteurs, dont la fréquence à la vitesse 1200 tours est $\frac{3600}{6} = 600$ périodes par seconde ([3]).

b. Dans les moteurs à explosion de ce genre, la résonance tend à se pro-

([1]) Cf. *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1144.

([2]) Les essais ont été commencés en juillet 1923; les premières courbes photographiques obtenues en novembre 1923.

([3]) Seule, la méthode optique permet d'obtenir de pareils résultats. Aucun des enregistrements mécaniques (tachographe, torsiomètre), préconisés par différents auteurs, ne réalise les conditions voulues pour des enregistrements de ce genre, car d'après la théorie générale des instruments enregistreurs et indicateurs établie par l'un de nous (*Comptes rendus*, t. 116, 1893, p. 502 et 748), pour l'étude d'un moteur tournant à 1200 tours, c'est-à-dire à la fréquence 20 par seconde; l'appareil indicateur devrait avoir une fréquence propre de 1000 à 2000 périodes par seconde comme un oscillographe, et être amorti de même à l'apériodicité critique.

duire en demi-onde, c'est-à-dire que l'arbre-manivelle vibre en quart d'onde comme une antenne de télégraphie sans fil à partir d'un point nodal; ce nœud est d'autant plus rapproché du volant (jouant le rôle de contrepoids) que ce dernier a plus d'inertie; il s'en éloigne quand on diminue l'inertie; si on la supprime entièrement, il tend à se placer au milieu de l'arbre-manivelle dont les deux bouts tendent à devenir des ventres.

Ces remarques permettent d'interpréter les courbes comme il suit :

1° *Marche à faible vitesse.* — Tant que la vitesse de rotation est faible par rapport à la vitesse de propagation des torsions le long de l'arbre, on peut considérer les efforts des couples comme se propageant à peu près instantanément au bout de l'arbre.

Ces prévisions théoriques sont bien vérifiées par les photographies obtenues. Sur le groupe de photographies n° 1, faites à 900 tours sans et avec volant, on voit la courbe supérieure, obtenue sans volant, présenter nettement à chaque tour deux grandes élongations, séparées par deux petites, c'est-à-dire les caractéristiques de la courbe théorique statique déterminée par l'ordre 1, 5, 3, 6, 24 des allumages des cylindres, en tenant compte des angles de calage des manivelles.

Dans la courbe inférieure, faite avec le volant et en dehors de la période de résonance, la courbe théorique, quoique un peu déformée, est encore reconnaissable.

Si l'on augmente la vitesse, on voit, sur la photographie n° 2 prise entre 1000 et 1100 tours, que la différence s'accentue entre la marche avec volant et sans volant. L'apparition des premiers phénomènes de résonance en quart d'onde, ainsi provoqués, déforme la courbe prise avec volant.

2° *Entrée dans la zone de résonance.* — Quand on entre dans la zone de résonance de l'harmonique 6, les oscillations concordantes produites par les harmoniques des six pistons doivent se combiner en une seule qui fera vibrer l'arbre en quart d'onde, comme dit plus haut. La courbe se déformera donc jusqu'à ce que les élongations soient toutes à peu près pareilles, leur nombre sera doublé et leur amplitude augmentée, et les points qui forment la courbe devront se dissocier au lieu de donner une apparence de tracé continu. On le constate bien sur le n° 2 *bis*.

3° *Marche dans la zone de résonance.* — Un peu avant d'arriver à 1200 tours (n° 3), la résonance est atteinte, et la différence est éclatante. La courbe tracée sans volant, et qui correspond à un régime encore loin de la résonance, conserve la caractéristique des élongations de grandeurs différentes et un tracé bien continu. La courbe avec volant, au contraire, a une

amplitude si grande que les points qui forment le tracé se séparent nettement (¹) et toutes les élongations correspondant à l'harmonique 6 sont à peu près de même grandeur, ce qui caractérise la résonance de l'arbre sur cet harmonique. L'amplitude atteint entre 1150 et 1200 t : min 13^{mm} au lieu de 3,6 sans volant, ce qui constitue une énorme amplification, quand on songe à l'importance des causes d'amortissement.

L'effet le plus caractéristique à cet égard est résumé dans la courbe du moteur marchant à vide avec son volant et séparé complètement de la machine électrique qu'il entraînait (nº 4).

La présence de la dynamo accouplée n'a pas modifié sensiblement la vitesse critique de résonance.

4° *Marche au delà de la résonance.* — Quand on dépasse la vitesse critique, l'amplitude des courbes décroît; ce phénomène n'a pu être observé que jusqu'à 1300 tours, vitesse qu'on n'a pu dépasser.

Confrontation des résultats avec la théorie. — Pour faire cette confrontation, nous avons déterminé, d'une part par le calcul les moments d'inertie (faciles à calculer), et d'autre part par mesure *expérimentale directe* (pour éviter toute erreur), les coefficients de torsion applicables à l'arbre du moteur dans son ensemble, puis à l'accouplement élastique. A cet effet, des miroirs étaient placés et centrés sur les deux bouts de l'arbre du moteur et sur le bout de l'arbre de la dynamo; le volant était immobilisé et l'on appliquait des couples de torsion à l'aide de leviers chargés de poids. On mesurait avec une extrême précision les déviations des rayons d'une lampe à incandescence, réfléchis par les miroirs, au moyen d'un théodolite placé à 7^{m} de distance. Les constantes obtenues ainsi sont les suivantes :

Moteur : $I_a = 0{,}31$ m-kg; $C_a = 13{,}500$ m-kg : rad.; I(volant) = 0,83 m-kg.
Accouplement : $I_e = 0{,}03$ m-kg; $C_e = 6{,}750$ m-kg : radian.
Dynamo : $I_d = 1{,}48$ m-kg; $I' = I_a + I_d = 1{,}51$ m-kg.

On a pu alors calculer les vitesses critiques par la formule générale (25 *bis*) (²), et l'on a obtenu :

(¹) On remarquera au régime des grandes résonances de la courbe 6 *bis* que les points se groupent par deux en un seul trait; ce phénomène est dû peut-être à des petites vibrations propres de fréquence très élevée des disques de duralumin eux-mêmes. En outre les points sont sortis en partie du champ éclairé par la lentille du champ; les amplitudes réelles sont donc plus grandes.

(²) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 51.

Moteur avec son volant, sans dynamo .... $\omega' = 1180$ t : min
» avec volant, accouplement et dynamo ..... $\omega'' = 1180$ »
» *sans volant*, accouplé à la dynamo........ $\omega''' = 1985$ »

Ces chiffres concordent d'une façon très remarquable avec les résultats photographiques (¹) et justifient qu'on n'ait pas trouvé de différences notables entre les vitesses critiques avec et sans dynamo, tant que le volant est en place; car son inertie apparente I_v n'est réduite par l'effet de l'accouplement élastique qu'à la valeur $\frac{I'}{\sigma} = \frac{I_a + I_v + I_d}{\sigma}$, σ étant donné par la formule (18), page 49.

Par contre, dès que le volant est supprimé, l'accouplement élastique accroît considérablement la vitesse critique, qu'on n'a pu atteindre.

Il n'en résulte d'ailleurs pas d'augmentation de l'irrégularité de la vitesse du moteur, puisque, à 1200 tours, l'accouplement élastique est beaucoup trop loin de sa période propre (350 à 400 t : min) pour pouvoir amplifier ces écarts de vitesse.

Les résultats qui précèdent n'ont pu être obtenus que grâce à l'emploi des méthodes scientifiques.

MAGNÉTISME. — *Phénomène magnétocalorique. Aimantation apparente et aimantation vraie*. Note de MM. **Pierre Weiss** et **R. Forrer**.

En étudiant le *phénomène magnétocalorique du nickel en fonction du champ* H (²), nous avons vu que l'élévation de température observée est d'accord avec celle que donne l'analogue magnétique de la formule de Clapeyron. L'obliquité de l'aimantation sur le champ, due à l'anisotropie cristalline, n'intervient pas. Au contraire, elle devient sensible quand on considère ce *phénomène en fonction de l'aimantation*. L'hypothèse du champ

---

(¹) Si l'on remplace fictivement la distribution uniforme des inerties et des élasticités en une concentration d'inertie au milieu d'un arbre supposé élastique, on trouve, par les formules (17) et (22) (t. 178, p. 49-50), des chiffres notablement différents :

$$\omega' = 1097 \text{ t: min}, \quad \omega'' = 1105 \text{ t: min}, \quad \omega''' = 3175 \text{ t: min}.$$

Ces chiffres s'écartent infiniment plus des résultats expérimentaux que ceux donnés par la formule (25).

(²) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1347.

moléculaire (Mémoire à paraître dans un autre Recueil) permet d'écrire :

$$\Delta t = \mathrm{A}(\sigma^2 - \sigma_0^2),$$

où Δt est l'élévation de température réversible, $\sigma^2 - \sigma_0^2$ l'accroissement du carré de l'aimantation et A une constante dans les limites étroites d'une expérience sur le phénomène magnétocalorique.

Cette loi s'interprète différemment au-dessous et au-dessus du Point de Curie. Au-dessous, la substance possède, en l'absence de tout champ, une aimantation spontanée σ_0 qui, dans l'état neutre, est dirigée en tous sens et se compense. Le champ a d'abord pour effet de la rendre parallèle et par conséquent observable, produisant ainsi une *variation apparente* de l'aimantation. Ensuite le champ donne à l'aimantation un *accroissement vrai* qui *seul est accompagné du phénomène magnétocalorique*. La représentation de

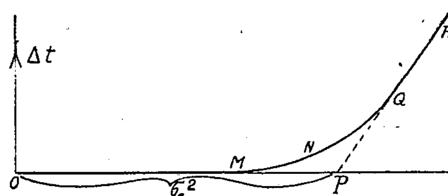


Fig. 1.

Δt en fonction de σ^2 observé est donc donnée (*fig.* 1) par la ligne brisée OPQR, où OP est le carré de l'aimantation spontanée σ_0. En réalité les variations apparente et vraie empiètent l'une sur l'autre et l'on observe l'arrondi MNQ.

Au-dessus du Point de Curie il n'y a pas d'aimantation spontanée et la loi se réduit à la proportionnalité à σ^2.

La figure 2 donne le résultat des mesures de part et d'autre du Point de Curie (357°,6). A 352°,53 et au-dessous, les courbes ont l'allure de la courbe théorique (*fig.* 1). La figure 3 étend les résultats jusqu'à 277°,50. A mesure que la température baisse et que l'aimantation spontanée croît, la partie de la courbe confondue avec l'axe des σ^2 se développe, la variation vraie de l'aimantation diminuant de plus en plus.

La figure 4 donne le détail des observations au-dessus du Point de Curie. Pour les plus basses températures, où l'effet mesuré est de plusieurs dixièmes de degré, la proportionnalité à σ^2 se vérifie avec précision. Elle se vérifie encore à 432°,62 (même figure, à droite) où l'effet ne dépasse pas 0°,05.

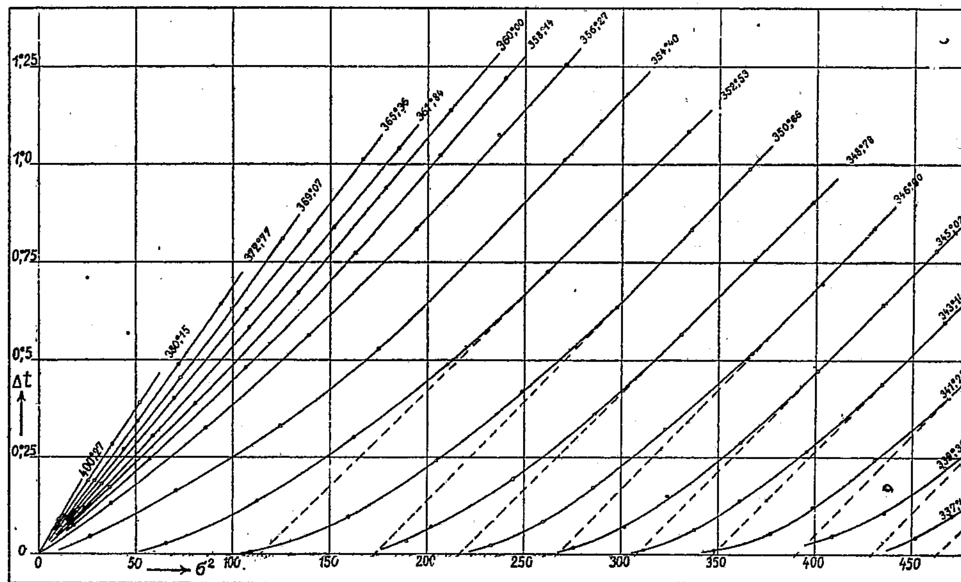


Fig. 2. — Phénomène magnétocalorique du nickel.

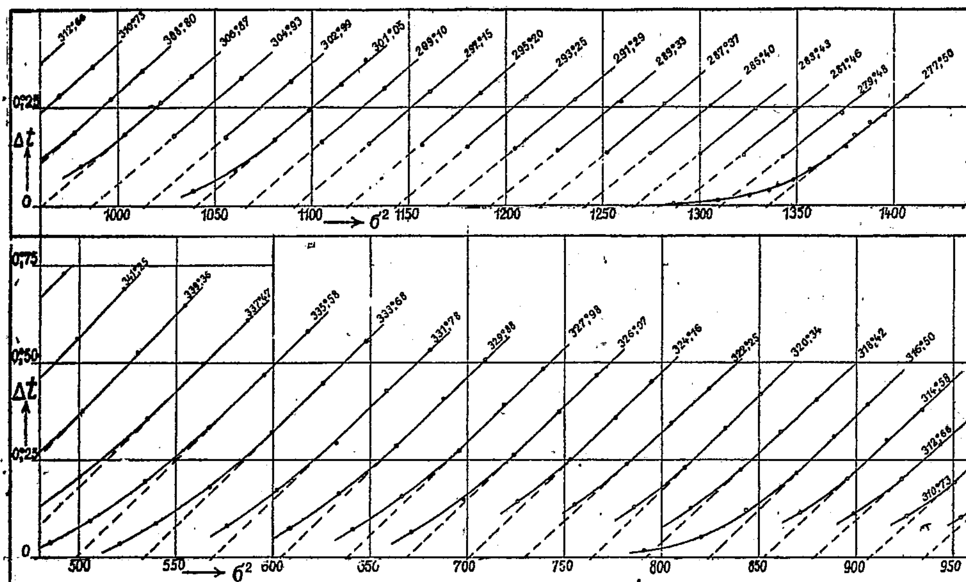


Fig. 3. — Phénomène magnétocalorique du nickel au-dessous du Point de Curie.

La région avoisinant le Point de Curie (*fig.* 2) est une transition entre les deux types de phénomènes.

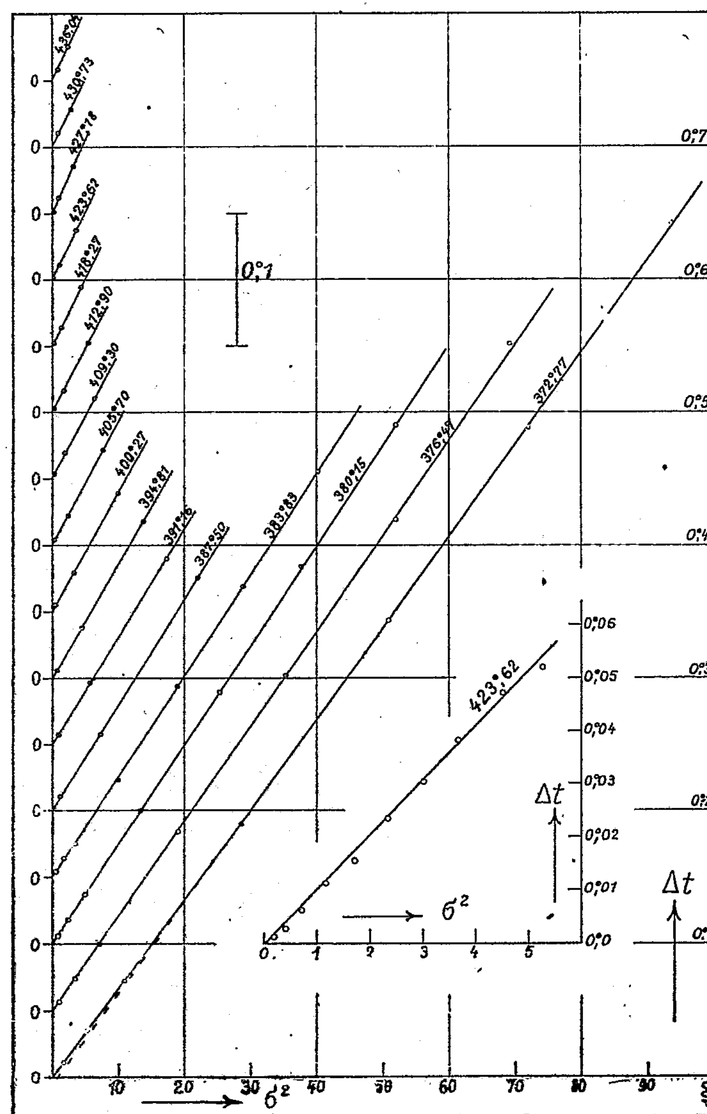


Fig. 4. — Phénomène magnétocalorique du nickel au-dessus du Point de Curie.

On déduit de l'expérience le carré de l'aimantation spontanée en prolongeant (*fig.* 1) jusqu'à l'axe des σ^2 la portion rectiligne QR de la courbe. D'autre part, l'abscisse du point Q donne la valeur de σ^2 à partir de laquelle

les aimantations apparente et vraie se confondent. C'est au moyen de ces deux données que les isothermes de l'aimantation vraie ont été déduites de celles de l'aimantation apparente ([1]).

TÉRATOLOGIE. — *Bifurcation des feuilles par cohérence.*
Note de M. **Paul Vuillemin.**

Les feuilles à deux sommets, que l'on confond sous le nom de feuilles bifurquées, sont si communes que les tératologistes ne s'y arrêtent pas ou se bornent à les cataloguer ou à les invoquer en faveur d'une idée théorique, sans se préoccuper des causes de l'anomalie. La bifurcation résulte de quatre procédés : dichotomie ou division, atrophie du sommet ou soustraction, ramification ou multiplication, concrescence ou addition. La concrescence est faciale ou marginale. Dans le premier cas les feuilles sont adhérentes, dans le second cas elles sont cohérentes. Occupons-nous de la cohérence dont quelques auteurs méconnaissent la fréquence.

La cohérence est évidente quand deux feuilles s'unissent en tube par les deux marges. Crépin (1865) signale un *Dianthus barbatus* où l'inflorescence était incluse dans une gaine diphylle; les nœuds précédents portaient une seule lame binerve et bifide. J'ai suivi en 1920 le développement d'une anomalie semblable. La tige principale porte des tubes emboîtés précédés d'une dizaine de paires de feuilles opposées-décussées. Au début chaque tube, surmonté de deux pointes opposées, est complet dans les neuf dixièmes inférieurs dépassant un décimètre de longueur. L'une des sutures se décolle de haut en bas à mesure que l'orifice est forcé par l'allongement des entrenœuds et l'élargissement des gaines intérieures; les deux pointes sont rejetées du même côté et la gaine passe à la feuille bifurquée.

La cohérence des feuilles ne prête point à confusion avec la bipartition quand la séparation subsiste à la base, Buchenau signale, chez un *Funkia cœrulea*, la cohérence des sommets, tandis que la croissance ultérieure avait écarté les pétioles. J'ai observé le même fait chez le *Tulipa gessneriana*.

Dans les cas de bifurcation, la cohérence est démontrée par la répartition des anomalies qui, de même que les feuilles en surnombre, apparaissent, suivant la loi de Hofmeister, dans le plus grand espace laissé libre

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1046.

entre les appendices antérieurement formés. Réciproquement les feuilles confluent quand l'espace libre est rétréci.

Les feuilles cohérentes accompagnent souvent un changement phyllotaxique. Ce sont des expressions corrélatives de la variation héréditaire, ne dépendant pas l'une de l'autre. Je ne m'arrêterai pas aux vues spéculatives de Delpino (1883) attribuant à la matrice foliaire la puissance latente de donner une ou plusieurs feuilles plus ou moins séparées et d'imposer leur arrangement.

Steinheil est plus intéressant quand il recherche dans quelles conditions une feuille prend la place occupée d'habitude par deux feuilles. A la suite de Dutrochet, il avait reconnu que, chez l'*Ulmus campestris*, les cotylédons sont suivis de feuilles décussées aux deux premiers nœuds et parfois aux suivants. Ayant de plus aperçu un rudiment opposé aux premières feuilles distiques, il pensait (1835) que l'avortement d'une feuille conduit des feuilles opposées aux feuilles alternes. Cette supposition n'expliquait pas la disparition de deux des quatre orthostiques. Aussi est-il conduit à admettre (1843) que des feuilles opposées deviennent alternes par soudure. Cette règle explique la fréquence des feuilles bifurquées que j'ai relevée dans cette espèce.

Inversement Steinheil observe un *Urtica dioica* dont les feuilles, distiques sur la tige principale, sont opposées sur les rameaux et conclut à une dissociation. La logique imposerait cette conclusion si les branches obéissaient nécessairement à la même règle phyllotaxique que le tronc. J'ai trouvé (1912) une jeune pousse d'*Urtica dioica* dont les feuilles alternes résultaient de la concrescence totale de deux feuilles susceptibles de reprendre leur indépendance; en effet, dans la troisième, le pétiole, à peine élargi, porte deux limbes concrescents à la base seulement.

Par une singulière exception dans la famille des Gentianacées, le *Swertia perennis* a des feuilles alternes à la suite des cotylédons et sur les branches florifères. Les feuilles bifurquées signalées par Kirschleger (1845) résultent de la disjonction des feuilles isolées par concrescence.

La littérature abonde en exemples de feuilles cohérentes au niveau des changements phyllotaxiques. J'ajouterai quelques observations personnelles.

L'*Impatiens Roylei* a d'ordinaire quatre feuilles au premier nœud; la trimérie débute au nœud suivant et se poursuit plus ou moins haut. Le premier verticille d'apparence trimère est souvent formé de quatre pièces dont deux cohérentes. Dans les rameaux à feuilles décussées, j'ai vu trois

feuilles libres ou deux d'entre elles cohérentes à la base. La syncotylie est fréquente dans cette espèce. Quand la cohérence est unimarginale, la feuille superposée au couple cotylaire avorte. Parfois, le premier nœud porte une seule feuille, qui fut prise par A. Braun (1876) pour le second cotylédon apostasié; elle est opposée aux cotylédons. Plus souvent, le premier nœud porte, soit trois feuilles libres, soit trois ou quatre dont deux sont cohérentes.

Chez les *Phaseolus vulgaris* et *multiflorus*, la feuille trifoliolée est équivalente de la paire de feuilles primordiales unifoliolées. Les feuilles bifurquées par cohérence sont particulièrement fréquentes aux trois nœuds consécutifs aux feuilles primordiales opposées, dont elles sont rarement séparées par des feuilles trifoliolées opposées. La bifurcation intéresse, soit le second entre-nœud du rachis, soit seulement le pétiolule ou une partie du limbe de la foliole impaire.

Chez le *Viburnum Lantana*, les feuilles sont opposées, alternes, ou en verticilles trimères ou tétramères. Quand ces dispositions se succèdent sur une même branche, je constate des feuilles bifurquées par cohérence au passage des types 2 à 3, 3 à 2, 3 à 1, 2 à 1, 4 à 3.

La fasciation est une cause fréquente de cohérence et de changement phyllotaxique. Une branche de *Cornus mas*, dégagée d'une fascie, porte une feuille bifurquée au niveau d'une torsion de la tige. Cette feuille bifurquée est précédée et suivie d'une feuille isolée; elle résulte de la cohérence de feuilles détachées des deux premiers nœuds; les feuilles suivantes sont opposées. Dans un autre spécimen, l'une des feuilles du nœud inférieur est entraînée à 5^{cm} plus haut et forme avec la paire du second nœud une pièce triple dont les trois composantes sont unies à la base et deux jusqu'au sommet du pétiole. Au niveau de cette cohérence, la tige forme un coude tordu d'où se dégage une nouvelle branche. La torsion affecte le tronc commun de la fascie dans un exemplaire où les feuilles sont rapprochées sur une hélice; la deuxième feuille et la cinquième sont réunies par une palmure.

Le *Solidago Virga aurea* m'a offert des branches de fascie dont les feuilles étaient en partie cohérentes; dans une feuille bifurquée longue de $0^{m},029$, les nervures médianes se confondaient sur une étendue de $0^{m},008$, les marges étaient cohérentes sur une longueur de $0^{m},022$.

La torsion par étreinte étudiée par H. de Vries est en rapport avec un dérangement souvent accompagné de cohérence des feuilles. Je mentionnerai deux espèces où cette anomalie n'a pas été signalée. Un *Lunaria biennis* observé en 1908 avait la tige tordue par l'étreinte de cinq feuilles

reliées en ruban à la base; quatre d'entre elles avaient leurs pétioles réunis deux à deux. Chez un *Lonicera cœrulea* étudié en 1895, trois feuilles étaient cohérentes presque jusqu'au sommet. Un *Dianthus barbatus* d'une culture de 1917 présentait deux feuilles cohérentes sur une torsion limitée à un entre-nœud.

En résumé, les variations phyllotaxiques liées au changement de diamètre des tiges, à la fasciation, à la torsion par étreinte, sont des causes de bifurcation des feuilles par cohérence.

M. **L. Mangin** fait hommage à l'Académie du premier fascicule de la *Revue algologique*, dirigée par MM. **P. Allorge** et **G. Hamel**, dont il a écrit l'article liminaire.

NOMINATIONS.

M. **Vito Volterra** est désigné pour représenter l'Académie avec M. **A. Lacroix**, précédemment désigné, aux fêtes du septième centenaire de la fondation de l'Université de Naples, qui auront lieu du 2 au 6 mai.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Étude de quelques fossiles paléozoïques et mésozoïques recueillis en Indo-Chine et au Yunnan.* Mémoires de MM. Jacob et Dussault, Fromaget, Étienne Patte.

2° Georges Marié. *Traité de stabilité du matériel des chemins de fer.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur une surface remarquable du quatrième ordre.* Note [1] de M. Octave Mayer, présentée par M. Appell.

1. Soient $(\mathbf{A}_i)$ trois faisceaux de complexes linéaires de droites passant par les congruences linéaires fondamentales $\mathbf{a}_i$; $\mathbf{b}_1$, $\mathbf{b}_2$, $\mathbf{b}_3$ les congruences

---

[1] Séance du 7 avril 1924.

qui ont respectivement pour directrices les couples de droites $\mathfrak{a}_2\mathfrak{a}_3$, $\mathfrak{a}_3\mathfrak{a}_1$, $\mathfrak{a}_1\mathfrak{a}_2$; $(\mathbf{B}_i)$ les faisceaux de complexes linéaires passant par les congruences $\mathfrak{b}_i$. Considérons le système $|\sigma|$ des ∞^3 demi-quadriques d'intersection des ternes de complexes $(\mathbf{A}_1, \mathbf{A}_2, \mathbf{A}_3)$; on peut encore définir ces demi-quadriques par la condition d'avoir deux droites en commun avec chaque congruence $\mathfrak{a}_i$.

Le système $|\sigma'|$ de demi-quadriques communes aux ternes de complexes $(\mathbf{B}_1, \mathbf{B}_2, \mathbf{B}_3)$ est formé par les demi-quadriques incidentes à celles du système $|\sigma|$.

Car, σ' étant l'intersection des complexes $\mathbf{B}_1$, $\mathbf{B}_2$, $\mathbf{B}_3$ les directrices des congruences $\mathbf{B}_2\mathbf{B}_3$, $\mathbf{B}_3\mathbf{B}_1$, $\mathbf{B}_1\mathbf{B}_2$ appartiennent respectivement aux congruences $\mathfrak{a}_1$, $\mathfrak{a}_2$, $\mathfrak{a}_3$ et aussi à la demi-quadrique incidente à σ'; celle-ci se trouve donc dans le système $|\sigma|$.

Il passe, par une droite donnée, une demi-quadrique de chacun des systèmes $|\sigma|$, $|\sigma'|$.

Le système $|S|$ de quadriques qui portent les demi-quadriques $|\sigma|$ et $|\sigma'|$ contient trois familles de ∞^2 faisceaux, que nous désignons par $[\Sigma_i]$. On obtient un faisceau de quadriques Σ_1 en coupant une congruence $\mathbf{A}_2\mathbf{A}_3$ avec les complexes $(\mathbf{A}_1)$, ou bien, une congruence $\mathbf{B}_2\mathbf{B}_3$ avec les complexes $(\mathbf{B}_1)$; etc. La base d'un faisceau Σ_i est un quadrilatère gauche dont les couples de côtés opposés (a_i, a'_i), (b_i, b'_i) appartiennent aux congruences $\mathfrak{a}_i$, $\mathfrak{b}_i$. Les droites a_i, a'_i, bases d'un même faisceau Σ_i, sont homologues dans une correspondance (1, 1) involutive $\mathcal{A}_i$; par un couple (a_1, a'_1) de la correspondance $\mathcal{A}_1$ on peut conduire deux demi-quadriques appartenant respectivement aux congruences $\mathfrak{b}_2$, $\mathfrak{b}_3$; etc. On définit de même les correspondances $\mathcal{B}_i$ dans les congruences $\mathfrak{b}_i$.

Une quadrique S se trouve dans un seul faisceau Σ_i.

2. Parmi les demi-quadriques $|\sigma|$ et $|\sigma'|$, il y en a ∞^2 qui se décomposent en deux faisceaux de droites. Si les faisceaux *associés* (M, μ) et (M', μ') forment une demi-quadrique σ, la demi-quadrique incidente σ' est formée par les faisceaux (M, μ') et (M', μ). Donc :

Les centres des faisceaux de droites contenus dans les systèmes $|\sigma|$ et $|\sigma'|$ décrivent la même surface et, corrélativement, les plans de ces faisceaux ont la même enveloppe.

Ces surfaces, que nous désignons par F^4 et Φ_4, sont respectivement d'ordre et de classe quatre et dépendent de 24 paramètres arbitraires. Les points de F^4 et les plans de Φ_4 se correspondent biunivoquement de deux manières; nous appelons $\mathfrak{M}$ et $\mathfrak{M}'$ les correspondances $[M, \mu]$ et $[M, \mu']$.

On peut encore définir la surface F^4 comme lieu d'un point M tel que

les termes de droites des congruences $\mathbf{a}_i$ (ou $\mathbf{b}_i$) issues de M se trouvent dans un même plan μ (ou μ'). Et corrélativement.

La surface F^4 contient les directrices des congruences $\mathbf{a}_i$ et $\mathbf{b}_i$. Elle est généralement dénuée de points multiples.

3. Les couples de points (M, M′) qui sont les centres de deux faisceaux associés (M, μ), (M', μ'), forment sur la surface F^4 une involution I, qu'on peut regarder (dans un certain sens) comme le produit des correspondances $\mathfrak{M}$ et $\mathfrak{M}'$.

En considérant le faisceau de quadriques Σ_i qui contient la demi-quadrique formée par les deux faisceaux associés, on voit (n° 1) que :

Les deux droites de la congruence $\mathbf{a}_i$ (ou $\mathbf{b}_i$), issues d'un couple de l'involution I, sont homologues dans la correspondance $\mathcal{A}_i$ (ou $\mathcal{B}_i$).

Si J_i et K_i sont les involutions déterminées sur la surface F^4 par les droites des congruences $\mathbf{a}_i$ et $\mathbf{b}_i$, on a donc

$$J_1 K_1 = J_2 K_2 = J_3 K_3 = I.$$

Ainsi la surface F^4 est encore le lieu des sommets d'un tétraèdre dont deux couples de côtés opposés varient dans les congruences $\mathbf{a}_i$ et $\mathbf{b}_i$ de manière que l'un de ces couples se corresponde dans $\mathcal{A}_i$ ou $\mathcal{B}_i$.

L'involution I n'a pas, en général, de points exceptionnels.

Les droites MM′ qui joignent les couples de points de I engendrent une congruence (4, 4).

4. Les quadriques qui passent par les directrices de deux congruences $\mathbf{a}_i$ et $\mathbf{b}_k$ $(i \neq k)$ coupent encore la surface F^4 en un faisceau (q_{ik}) de quartiques de première espèce; on obtient les mêmes courbes en coupant F^4 avec les quadriques passant par les directrices des congruences $\mathbf{a}_k$ et $\mathbf{b}_i$. Le faisceau (q_{ik}) est composé avec l'involution I. On en déduit la construction suivante du plan tangent à F^4 en un point donné M :

Mener par M les droites a_i et b_i des congruences $\mathbf{a}_i$ et $\mathbf{b}_i$; le plan tangent au point M est celui des droites d'intersection des paires de plans $(a_2 b_3, a_3 b_2)$, $(a_3 b_1, a_1 b_3)$, $(a_1 b_2, a_2 b_1)$.

5. Soit r une droite arbitraire et considérons les quadriques formées par les droites des congruences $\mathbf{a}_i$ qui s'appuient sur la droite r; ces trois quadriques ont en commun, en dehors de r, un groupe u_r de quatre points. On voit sans peine que la correspondance $\mathfrak{M}$ change le groupe u_r dans le faisceau de plans tangents menés par r à Φ_4.

Les ∞^4 groupes u_r appartiennent donc à la surface F^4.

Deux points de F^4 déterminent un seul groupe u_r.

On obtient tous les groupes u_r en intersectant la surface F^4 avec l'un des trois systèmes de cubiques gauches qui ont pour bisécantes les directrices de deux congruences $\mathfrak{a}_i$. Il en résulte que les faisceaux de quatre plans qui projettent un groupe u_r de la droite r et des directrices des congruences $\mathfrak{a}_i$ forment des rapports anharmoniques égaux.

Les groupes u_r relatifs aux droites r issues d'un point donné P se trouvent sur une sextique k^6 et engendrent, sur cette courbe, une série linéaire g_4^2. Les courbes k^6 forment, sur la surface F^4, un système linéaire ∞^3; les directrices des congruences $\mathfrak{a}_i$ sont des trisécantes pour ces courbes.

On trouve, d'une manière analogue, une seconde série de ∞^4 groupes v_r, correspondant aux congruences $\mathfrak{b}_i$. L'involution I transforme les groupes u_r dans les groupes v_r.

6. On peut tracer sur la surface F^4 les courbes suivantes des quatre premiers ordres :

1° Douze droites, (d_{i1}, d_{i2}), (d'_{i1}, d'_{i2}), directrices des congruences $\mathfrak{a}_i$ et $\mathfrak{b}_i$.

2° 24 coniques situées dans les plans contenant deux droites d_{il}, d'_{jm}.

3° 28 cubiques gauches dont : 12 cubiques s_{il}, s'_{il} sont les transformées des droites d_{il}, d'_{il} par l'involution I; la cubique s_{1l}, par exemple, est le reste de l'intersection des quadriques $(d_{1l}\, d_{21}\, d_{12})$ et $(d_{1l}\, d_{31}\, d_{32})$; 16 cubiques t_{lmn}, et t'_{lmn}; la cubique t_{lmn} étant l'intersection résiduelle de la surface F^4 avec les quadriques $(s_{1l}\, d_{2m}\, d_{3n})$, $(s_{2m'}\, d_{1l'}\, d_{3n})$, $(s_{3n'}\, d_{2m}\, d_{1l'})$, (où $l \neq l'$, $m \neq m'$, $n \neq n'$).

4° 102 faisceaux de quartiques de première espèce deux à deux résiduels.

Chaque paire de faisceaux résiduels conduit à ∞^2 générations de la surface F^4 par faisceaux projectifs de quadriques.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur la représentation des nombres par les formes binaires.* Note (¹) de M. **Boris Delaunay**, présentée par M. Hadamard.

1. *Transformation de Lagrange.* — Soit donnée à résoudre en nombres entiers X, Y une équation indéterminée $F(X, Y) = \sigma$, où F est une forme binaire donnée de degré n à coefficients entiers et σ un nombre entier donné. En 1770, dans le Mémoire *Nouvelle méthode pour résoudre les problèmes indéterminés en nombres entiers*, Lagrange a montré que : 1° l'équation $F(X, Y) = \sigma$

(¹) Séance du 14 avril 1924.

est impossible si la congruence $F(X, 1) \equiv 0 \pmod{\sigma}$ n'a pas de solutions; 2° que si cette congruence a τ solutions, chaque solution X, Y de l'équation $F(X, Y) = \sigma$ correspond biunivoquement à une solution X, Y de l'une des équations $\Phi_1(x, y) = 1$; $\Phi_2(x, y) = 1$; ...; $\Phi_\tau(x, y) = 1$, où $\Phi_i(x, y)$ sont des formes binaires du même degré n qu'on obtient chacune au moyen de F et d'une solution de la congruence $F(x, 1) \equiv 0 \pmod{\sigma}$. On voit que l'existence des solutions de cette congruence est une condition indispensable pour que l'équation $F(X, Y) = \sigma$ puisse avoir des solutions et qu'alors tout revient à résoudre des équations de la forme $\Phi(x, y) = 1$.

2. *Nouvelle condition nécessaire pour que l'équation* $\Phi(x, y) = 1$ *puisse avoir une solution.* — Pour une équation $\Phi(x, y) = 1$, à son tour, on peut déduire une nouvelle condition nécessaire. Chaque forme binaire $\Phi(x, y)$ à coefficients entiers peut être décomposée en facteurs linéaires

$$\Phi(x, y) = \Pi(\lambda x + \mu y),$$

de sorte que tous les nombres λ, μ soient des nombres *entiers* algébriques. Si les coefficients de la forme n'ont pas de diviseur commun, ce que nous pouvons supposer, les nombres λ et μ de chaque facteur sont premiers entre eux. Mais comme on peut facilement le voir par la théorie des idéaux, les nombres λ, μ, en général, n'appartiennent pas au corps $\Omega(\rho)$ où ρ est une racine de $\Phi(E, \rho) = 0$ [ici nous désignons par E le coefficient de y^n dans $\Phi(x, y)$], mais appartiennent au *corps des classes* de $\Omega(\rho)$. Cela provient de ce que le nombre $\frac{\lambda}{\mu}$ appartenant au corps $\Omega(\rho)$, comme étant racine de la forme binaire dont les coefficients entiers rationnels ne sont assujettis à aucune condition, est un nombre algébrique de $\Omega(\rho)$ fractionnaire entièrement arbitraire. Mais la théorie des idéaux consiste justement en ce qu'il existe des fractions algébriques qui ne peuvent être réduites *dans leur corps* à avoir leur numérateur et leur dénominateur premiers entre eux. Mais si la forme $\Phi(x, y)$ peut représenter le nombre 1, elle doit admettre, comme il est facile de le voir, une décomposition $\Pi(\lambda x + \mu y)$ où les nombres λ et μ sont tous des nombres entiers des corps $\Omega(\rho)$. Cela équivaut à dire que l'idéal (ρ, E) doit être principal. C'est la condition cherchée. Si cette condition n'est pas remplie, l'équation $\Phi(x, y) = 1$ n'a pas de solution.

3. *Algorithme de rehaussement.* — Supposons que cette condition soit remplie. On peut montrer alors que toutes les solutions x, y de l'équation $\Phi(x, y) = 1$ doivent remplir certaines conditions en forme de congruences,

dont les coefficients se déduisent des coefficients de l'idéal principal (ρ, E) et des coefficients des unités fondamentales. Ces congruences permettent de trouver des formes binaires ayant des discriminants plus grands que $\Phi(x,y)$ et dont la résolution est indispensable pour la résolution de $\Phi(x,y)=1$. Et ainsi de suite.

4. *Cas des formes cubiques à discriminant négatif.* — Soit (A, B, C, E) une telle forme. On obtient une seule congruence de condition

$$Kx + Ly \equiv 0 \pmod{n},$$

où les nombres K, L, n n'ont pas de diviseurs communs et où K et L sont premiers entre eux. Cette congruence doit être remplie par tout couple de nombres x, y qui est solution de l'équation

$$Ax^3 + Bx^2y + Cxy^2 + Ey^3 = 1.$$

Si cette congruence est remplie identiquement, on peut trouver une solution de l'équation $(A, B, C, E) = 1$.

Si cela n'est pas, on peut passer par une substitution $\begin{pmatrix} \alpha & -L \\ \gamma & K \end{pmatrix}$, où $\alpha K + \gamma L = 1$, à une équation $A_1 x_1^3 + B_1 x_1^2 y_1 + C_1 x_1 y_1^2 + E_1 y_1^3 = 1$ dont tous les x_1 doivent se diviser par n parce que $x_1 = Kx + Ly$.

Si l'on pose

$$\frac{x_1}{n} = \overline{x}, \quad y_1 = \overline{y}, \quad A_1 n^3 = \overline{A}, \quad B_1 n^2 = \overline{B}, \quad C_1 n = \overline{C}, \quad E_1 = \overline{E},$$

on a une équation

$$\overline{A}\overline{x}^3 + \overline{B}\overline{x}^2\overline{y} + \overline{C}\overline{x}\overline{y}^2 + \overline{E}\overline{y}^3 = 1$$

à laquelle se réduit la résolution de $(A, B, C, E) = 1$, mais dont le discriminant est n^6 fois plus grand, etc.

C'est l'algorithme de rehaussement.

5. *Résultats obtenus par cette méthode.* — Cette méthode m'a permis de trouver une limite du nombre des solutions de l'équation $(A, B, C, E) = 1$, au cas où le discriminant est négatif. Cette limite est 5 [1]. Comme conséquence de ce théorème, j'ai déduit une limite pour le nombre des solutions de l'équation $X^3 - Y^2 = k$, où k est un nombre donné négatif. Cette dernière limite est par exemple $\sqrt{108k} + 4h$, où h est le nombre des classes des

[1] Voir *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 336, et mon Mémoire imprimé par l'Académie de Saint-Pétersbourg, 1922 (en russe).

formes binaires cubiques à discriminant $108k$, nombre qui peut à son tour, comme il est connu, se déduire du nombre des classes des formes quadratiques. Cette limite peut être encore abaissée. Outre cela, j'ai obtenu, par ma méthode, la solution complète par exemple de toutes les équations $(A, B, C, E) = 1$ dont les discriminants sont entre 0 et -300. Cette table peut être facilement prolongée. De cela j'ai déduit une table de toutes les équations cubiques de la forme $x^3 + nx^2 + px + q = 0$, où n, p, q sont des nombres entiers rationnels et dont les discriminants sont entre 0 et -300, en comptant pour une seule équation toutes celles dont les racines ne diffèrent que par un nombre entier rationnel.

6. *Remarque.* — Mes recherches me portent à croire que le théorème d'Axel Thue, c'est-à-dire que l'équation $\Phi(x, y) = 1$, où Φ est une forme binaire dont le degré surpasse 2, ne peut avoir un nombre infini de solutions en nombres entiers (Axel Thue par sa méthode ne peut donner *aucune* limite pour ce nombre), doit être précisé en ce que : pour un degré donné et un nombre de paires de racines imaginaires donné, ce nombre ne peut surpasser une limite (très petite en général) *qui est indépendante des coefficients de la forme*. Mais je n'ai pas de démonstration pour ce théorème général. Pour $n = 3$ et un couple de racines imaginaires, cette limite est, comme nous l'avons dit, 5. Il serait du plus haut intérêt de trouver ces limites pour d'autres cas que celui-là.

Je ne puis faire aucune conjecture sur la question de savoir si cette limite diminue ou bien augmente quand le degré de la forme augmente.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration des équations différentielles linéaires.* Note de M. **Charles Platrier**, présentée par M. Mesnager.

I. L'équation différentielle linéaire du premier ordre se résout par une quadrature. Nous nous proposons de montrer que *si l'on sait résoudre les équations différentielles linéaires d'ordres inférieurs ou égaux à* $n-1$, *on saura également résoudre l'équation différentielle linéaire d'ordre* n. Par suite *la résolution des équations différentielles linéaires sera acquise dans un domaine donné*, sous certaines conditions très générales, à satisfaire par les coefficients de ces équations dans le domaine considéré; ces conditions seront précisées plus loin.

II. Soit l'équation

$$(1) \qquad p_0(x)y^{(n)} + p_1(x)y^{(n-1)} + \ldots + p_{n-1}(x)y' + y = p(x).$$

Tout d'abord, rappelons des résultats connus. Considérons

$$f(z)=p_0(x)z^{(n-1)}+p_1(x)z^{(n-2)}+\ldots+p_{n-2}(x)z'+p_{n-1}(x)z,$$

Comme nous avons supposé savoir résoudre les équations linéaires d'ordres inférieurs ou égaux à $(n-1)$, nous savons trouver [1] des fonctions $a_1(x)$, $a_2(x)$, ..., $a_n(x)$ telles que

$$f(z)\equiv\frac{1}{a_n(x)}\frac{d}{dx}\frac{1}{a_{n-1}(x)}\frac{d}{dx}\cdots\frac{1}{a_2(x)}\frac{d}{dx}\frac{z}{a_1(x)},$$

et par suite nous pouvons mettre l'équation (1) sous la forme

$$(2)\qquad \frac{d}{dx}\frac{1}{a_{n-1}(x)}\frac{d}{dx}\cdots\frac{1}{a_2(x)}\frac{d}{dx}\frac{y'}{a_1(x)}+a_n(x)y=q(x).$$

III. Ceci fait, considérons *un champ* $x_0\leqq x\leqq x_1$ *dans lequel*

$$|a_1(x)|\;|a_2(x)|\ldots|a_n(x)|$$

demeurent inférieurs à une quantité M *indépendante de* x et posons :

$$N_0^1(x_0,x)=1,\qquad N_0^2(x_0,x)=\int_{x_0\leqq s_1\leqq x}a_1(s_1)\,ds_1,$$

$$N_0^3(x_0,x)=\int_{x_0\leqq s_2\leqq s_1\leqq x}a_1(s_1)\,a_2(s_2)\,ds_1\,ds_2,$$

....

$$N_0^n(x_0,x)=\int_{x_0\leqq s_{n-1}\leqq\ldots\leqq s_1\leqq x}a_1(s_1)\,a_2(s_2)\ldots a_{n-1}(s_{n-1})\,ds_1\,ds_2\ldots ds_{n-1},$$

$$N_p(x_0,x)=\int_{x_0\leqq s_n\leqq s_{n-1}\leqq\ldots\leqq s_1\leqq x}a_1(s_1)\,a_2(s_2)\ldots a_n(s_n)\,N_{p-1}(x_0,s_n)\,ds_1\,ds_2\ldots ds_n.$$

Formons les n séries

$$(3)\qquad \left\{\begin{array}{l}P_h(x_0,x)=N_0(x_0,x)-N_1(x_0,x)+\ldots+(-1)^p N_p(x_0,x)+\ldots\\ \qquad\qquad (h=1,2,\ldots,n)\end{array}\right.$$

avec chacun des N_0.

Les n *séries* $y_h(x)=P_h(x_0,x)$ *sont uniformément et absolument convergentes dans le domaine* $x_0\leqq x\leqq x_1$, car

$$|N_p(x_0,x)|<\frac{|x_1-x_0|^{pn+h}M^{pn+h}}{(pn+h)!}.$$

[1] Voir par exemple Gaston Darboux, *Leçons sur la Théorie générale des surfaces*, t. 2, 1915, p. 119, n° 372.

D'ailleurs, appelons $N^p(s, x)$ le $(p-1)^{\text{ième}}$ noyau itéré de

$$N^1(s, x) = N_0^n(s, x)\, a(s),$$

nous pouvons écrire :

$$P(x_0, x) = 1 + \sum_1^\infty (-1)^p \int_{x_0}^{x} N^p(s, x)\, ds,$$

$$P_k(x_0, x) = \int_{x_0}^{x} a_{k-1}(s)\, P_{k-1}(s, x)\, ds \qquad (k = 2, 3, \ldots, n).$$

Les n fonctions $y_h(x)$ sont linéairement indépendantes car il ne saurait exister entre elles une identité linéaire homogène à coefficients constants :

$$F(x_0, x) \equiv C_1 P_1(x_0, x) + C_2 P_2(x_0, x) + \ldots + C_n P_n(x_0, x) \equiv 0,$$

sans que, pour $x = x_0$,

$$\frac{1}{a_{h-1}(x)} \frac{d}{dx} \frac{1}{a_{h-2}(x)} \cdots \frac{1}{a_2(x)} \frac{d}{dx} \frac{1}{a_1(x)} \frac{dF(x_0, x)}{dx} = 0,$$

c'est-à-dire $C_h = 0$.

Enfin *les n fonctions $y_h(x) = P_h(x_0, x)$ satisfont a l'équation* (2) *sans second membre et*

$$y_{n+1}(x) = \int_{x_0}^{x} q(s)\, P_n(s, x)\, ds$$

satisfait à l'équation (2) *avec second membre* comme il est facile de le vérifier directement.

IV. *Conclusion.* — Soient $A_1, A_2, \ldots, A_n$, n constantes arbitraires :

1° Solution de l'équation différentielle linéaire d'ordre n sans second membre

$$(4) \qquad y(x) = A_1 P_1(x_0, x) + A_2 P_2(x_0, x) + \ldots + A_n P_n(x_0, x).$$

2° Solution de l'équation différentielle linéaire d'ordre n avec second membre

$$(5) \qquad y(x) = A_1 P_1(x_0, x) + A_2 P_2(x_0, x) + \ldots + A_n P_n(x_0, x) + \int_{x_0}^{x} q(s)\, P_n(s, x)\, ds.$$

V. *Exemple.* — Avec une notation différente, nous avons en particulier dans un travail antérieur *Sur les amplitudes des rotations de torsion et les*

résonances de torsion des arbres de transmission [1], rencontré une solution particulière de l'équation du second ordre

$$\frac{d}{dx}\frac{y'(x)}{a_1(x)} + a_2(x)y(x) = q(x), \tag{6}$$

savoir :

$$y(x) = \int_{x_0}^{x} P_1(s, x)q'(s)\,ds + P_1(x_0, x)\frac{\int_{x_0}^{x_1} P_2(s, x_1)q'(s)\,ds}{P_2(x_0, x_1)} + q(x). \tag{7}$$

En intégrant par parties, cette solution s'écrit

$$y(x) = \int_{x_0}^{x} P_2(s, x)q(s)\,ds + P_1(x_0, x)\frac{\int_{x_0}^{x_1} P_1(s, x_1)q(s)\,ds}{P_2(x_0, x_1)}. \tag{8}$$

Elle revêt alors la forme de l'intégrale générale, objet de la présente Note. De plus, dans ce cas particulier :

$$\frac{1}{a_1(x)}\frac{dy(x)}{dx} = \int_{x_0}^{x} P_1(s, x)q(s)\,ds - P_2(x_0, x)\frac{\int_{x_0}^{x_1} P_1(s, x_1)q(s)\,ds}{P_2(x_0 x_1)}. \tag{9}$$

La solution $[y(x)]$ devait en effet, dans le travail précité, être la solution de (6) telle que $\left[\frac{1}{a_1(x)}\frac{dy(x)}{dx}\right]$ fût nulle pour $x = x_0$ et $x = x_1$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les fonctions conjuguées et les séries de Fourier.* Note de M. **Marcel Riesz**, présentée par M. Henri Lebesgue.

1. Désignons par $f(x)$ une fonction sommable dans l'intervalle $(0, 2\pi)$ et écrivons l'expression

$$\bar{f}(x) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} f(t)\cot\frac{t-x}{2}\,dt. \tag{1}$$

M. Plessner, complétant certains résultats de M. Fatou, a démontré [2] que l'intégrale du second membre existe presque partout, si on la prend au sens de la valeur principale de Cauchy.

En désignant par L^p, où $p > 1$, la classe des fonctions $f(x)$ telles que

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1362.

(2) *Thèse*, Giessen, 1923.

$|f(x)|^p$ soit sommable dans l'intervalle $(0, 2\pi)$, on a les deux théorèmes équivalents que voici :

I. *Si $f(x)$ appartient à la classe L^p, $\bar{f}(x)$ y appartient également, de plus on a l'inégalité*

$$(2) \qquad \int_0^{2\pi} |\bar{f}(x)|^p\,dx \leqq M_p^p \int_0^{2\pi} |f(x)|^p\,dx,$$

la constante M_p ne dépendant que de p.

II. *Deux séries trigonométriques conjuguées sont en même temps les séries de Fourier de fonctions de la classe L^p.*

Voici l'idée de la démonstration. $U + iV$ étant une fonction holomorphe pour $|z| < R$ et V s'annulant à l'origine, U et V satisfont à une inégalité de la forme (2), les intégrales étant prises le long d'une circonférence quelconque $|z| = r < R$. Pour des exposants entiers pairs ou non entiers, on le voit en appliquant le théorème de Cauchy à la fonction $(U + iV)^p$, en admettant encore, pour les derniers exposants, que U ne change pas de signe, hypothèse qui ne restreint pas la généralité. Enfin, pour les exposants entiers impairs, on donne une démonstration indirecte, en montrant d'une façon générale que le théorème a lieu en même temps pour deux exposants *complémentaires* p et q, liés par la relation $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1$, et que l'on a de plus $M_p = M_q$.

2. Désignons par a_n et b_n les coefficients et par $s_n(x)$ les sommes de la série de Fourier de $f(x)$. On a :

$$\begin{aligned}\left|s_n(x) - \tfrac{1}{2}(a_n \cos nx + b_n \sin nx)\right| &= \frac{1}{2\pi}\left|\int_0^{2\pi} f(t)\sin n(t-x)\cot\frac{t-x}{2}\,dt\right| \\ &\leqq \frac{1}{2\pi}\left|\int_0^{2\pi} f(t)\sin nt\cot\frac{t-x}{2}\,dt\right| \\ &\quad + \frac{1}{2\pi}\left|\int_0^{2\pi} f(t)\cos nt\cot\frac{t-x}{2}\,dt\right|.\end{aligned}$$

De la comparaison des inégalités trouvées, il résulte que :

III. *Pour toute fonction de la classe L^p, l'intégrale de $|s_n(x)|^p$ reste bornée lorsque n tend vers l'infini.*

Il est facile de préciser ce théorème en démontrant que l'intégrale de

$$|f(x) - s_n(x)|^p$$

tend vers zéro.

Désignons par α_n et β_n les constantes de Fourier d'une fonction $g(x)$

appartenant à la classe complémentaire L^q. On tire immédiatement du théorème III que

$$(3) \qquad \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} f(x)g(x)\,dx = \frac{1}{2}a_0\alpha_0 + \sum_{n=1}^{\infty}(a_n\alpha_n + b_n\beta_n),$$

la série au second membre étant *convergente*.

Le théorème III ainsi complété généralise une proposition démontrée depuis longtemps par M. W. H. Young. Cet auteur considérait les moyennes arithmétiques des sommes de la série de Fourier; il prouvait, en particulier, que la série figurant au second membre de (3), sommée par ces moyennes, est égale au premier membre. De plus, M. W. H. Young et Mme Grace Chisholm Young ont déjà, en 1912 (1), posé la question de savoir si le théorème III du texte et son complément étaient vrais ou non. Ils ont démontré que ce théorème III entraînerait la convergence de la série figurant en (3), ce qui, à leur avis, semblait indiquer que la question devrait être résolue par la négative.

3. Soit maintenant $f(x)$ une fonction de la classe L^p par rapport à l'intervalle $(-\infty, +\infty)$ et formons l'intégrale

$$(4) \qquad \bar{f}(x) = \frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{f(y)}{y-x}\,dy.$$

La valeur principale de cette intégrale existe presque partout; on a alors une inégalité analogue à (2), le facteur constant étant le même. On le voit en opérant, avec la fonction de la variable complexe z

$$F(z) = \frac{1}{i\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{f(y)}{y-z}\,dy,$$

de la même manière que l'on a opéré plus haut avec la fonction $U + iV$. On démontre aussi sans difficulté que $|F(z)|^p$ est sommable le long d'une droite arbitraire du plan de z et que son intégrale est plus petite qu'un multiple constant de celle de $|f(x)|^p$ prise le long de l'axe réel, le facteur constant ne dépendant que de p. On a aussi l'identité

$$\bar{f}_\varepsilon(x) = \frac{1}{\pi}\left(\int_{-\infty}^{x-\varepsilon} + \int_{x+\varepsilon}^{+\infty}\right)\frac{f(y)}{y-x}\,dy = \frac{1}{\pi^2}\int_{-\infty}^{+\infty}\bar{f}(y+x)\log\frac{y+\varepsilon}{y-\varepsilon}\,\frac{dy}{y}.$$

(1) *Quarterly Journal*, t. 44, 1912, p. 58.

Il s'ensuit immédiatement que l'intégrale de $|\bar{f}_\varepsilon(x)|^p$ est inférieure à celle de $|\bar{f}(x)|^p$. De là on conclut que :

IV. *Pour deux fonctions $f(x)$ et $g(x)$ appartenant à des classes complémentaires L^p et L^q, on a*

$$\left|\int\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{f(x)g(y)}{x-y}\,dx\,dy\right| \leqq M_p \left(\int_{-\infty}^{+\infty} |f(x)|^p\,dx\right)^{\frac{1}{p}} \left(\int_{-\infty}^{+\infty} |g(x)|^q\,dx\right)^{\frac{1}{q}};$$

l'intégrale double existant toujours si on la prend au sens de la valeur principale de Cauchy, c'est-à-dire comme limite de l'intégrale étendue aux valeurs $|x-y|>\varepsilon>0$. En particularisant les fonctions $f(x)$ et $g(x)$, on obtient un théorème analogue relatif à une forme bilinéaire bien connue que M. Hilbert a considérée le premier.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Différences et dérivées d'une fonction de deux variables.* Note de M. **A. Marchaud**, présentée par M. Henri Lebesgue.

On considérera uniquement des fonctions de x et y uniformes et bornées dans le carré

$$(D) = \begin{Bmatrix} 0 \leqq x \leqq 1 \\ 0 \leqq y \leqq 1 \end{Bmatrix}.$$

1. La différence mêlée

$$\Delta_h^n \Delta_k^p f(x, y) = \Delta_{\substack{h\\x}}^n \left[\Delta_{\substack{k\\y}}^p f(x, y)\right] = \Delta_{\substack{k\\x}}^p \left[\Delta_h^n f(x, y)\right]$$

est définie pour toutes les valeurs de x, y, h, k, telles que les points (x, y) et $(x+nh, y+pk)$ appartiennent à (D); si, de plus, on suppose

$$|h| \leqq \delta \leqq \frac{1}{n} \qquad \text{et} \qquad |k| \leqq \lambda \leqq \frac{1}{p},$$

elle admet une limite supérieure $\omega_{n,p}[\delta, \lambda; f(x, y)]$, ou plus brièvement $\omega_{n,p}(\delta, \lambda)$. On prolongera cette fonction dans l'angle $\begin{Bmatrix} \delta \geqq 0 \\ \lambda \geqq 0 \end{Bmatrix}$ comme on a fait pour $\omega_n(\delta)$ dans le cas d'une seule variable. La définition s'étend au cas où l'un des nombres n ou p est nul.

$\omega_{n,p}(\delta, \lambda)$ ne peut être d'ordre supérieur à n en δ, ou d'ordre supérieur à p en λ sans être constamment nul.

2. Les fonctions qui jouent ici un rôle analogue à celui des polynomes

dans le cas d'une seule variable sont les solutions de l'identité

$$\omega_{n,p}[\delta, \lambda; F(x, y)] = 0.$$

Elles sont de la forme

$$F(x, y) = \sum_{0}^{n-1} x^i A_i(y) + \sum_{0}^{p-1} y^j B_j(x),$$

où les A et les B sont des fonctions bornées. La réciproque est évidente.

On voit que la seule considération d'une différence mêlée ne pourra permettre de conclure à l'existence de dérivées. Des hypothèses supplémentaires sont nécessaires. Elles résultent des propriétés des fonctions $F(x, y)$.

J'appelle *réseau* (n, p) un système de n parallèles à $x = 0$, et de p parallèles à $y = 0$, d'abscisses et d'ordonnées appartenant à $(0, 1)$, dont on a supprimé les parties extérieures à (D). Un réseau peut avoir des droites multiples.

Toute fonction F est déterminée par les valeurs qu'elle prend sur un réseau (n, p). Dans le cas où ce dernier n'a pas toutes ses droites distinctes, il faut supposer l'existence de dérivées sur les droites multiples.

On conviendra de dire qu'une fonction f admet des dérivées continues jusqu'à l'ordre k, sur $\mu + 1$ droites confondues avec $y = b$ $(x = a)$ si les $\mu + 1$ fonctions de x (de y)

$$f_{y^i}^{(i)}(x, b)\,[f_{x^i}^{(i)}(y, a)] \qquad (i = 0, 1, \ldots, \mu)$$

admettent, dans $(0, 1)$, des dérivées jusqu'à l'ordre k, continues par rapport à x (à y).

3. Ceci posé, voici les propositions auxquelles on aboutit :

I. *Dérivées d'ordres entiers.* — Pour qu'une fonction bornée $f(x, y)$ admette dans (D) toutes les dérivées continues $f_{x^{r'}y^{s'}}^{(r'+s')}$ pour lesquelles $\left\{\begin{matrix} 0 \leq r' \leq r \\ 0 \leq s' \leq s \end{matrix}\right\}$, l'ordre des dérivations pouvant être interverti d'une manière quelconque, et la dérivée $f^{(r+s)}$ satisfaisant à la condition

$$|f_{x^r y^s}^{(r+s)}(x + \delta, y + \lambda) - f_{x^r y^s}^{(r+s)}(x, y)| \leq \varepsilon(\delta, \lambda),$$

où ε désigne un infiniment petit avec δ et λ; il faut et il suffit :

1° Que l'on ait dans (D) :

$$|\Delta_\delta^r \Delta_\lambda^s [f(x + \delta', y + \lambda') - f(x, y)]| \leq \delta^r \lambda^s \varepsilon(\delta' \lambda');$$

2° Que l'on puisse trouver un réseau (r, s), tel que f admette sur les

droites du réseau parallèle à Ox, des dérivées continues jusqu'à l'ordre r, et sur les parallèles à Oy des dérivées continues jusqu'à l'ordre s.

On déduit de là que : si une fonction f admet, dans (D), une dérivée continue $f^{(r+s)}_{x^r y^s}$, obtenue en dérivant r fois par rapport à x, puis s fois par rapport à y; elle admettra toutes les dérivées de l'énoncé précédent, sous la seule condition qu'elle possède des dérivées continues jusqu'à l'ordre s, sur r droites parallèles à $x = 0$.

Plus généralement on pourrait se placer dans l'hypothèse où la dérivée

$$f^{(r_1+s_1+r_2+s_2+\ldots)}_{x^{r_1}y^{s_1}x^{r_2}y^{s_2}\ldots}, \qquad \begin{Bmatrix} r_1+\ldots=r \\ s_1+\ldots=s \end{Bmatrix}$$

est continue dans (D).

II. *Dérivées d'ordres quelconques.* — Si l'intégrale

$$\int_\delta^1 \int_\lambda^1 t^{-\alpha-1}\, u^{-\beta-1}\, \omega_{n,p}(t, u)\, dt\, du,$$

où $\alpha < n$, $\beta < p$, converge; la condition nécessaire et suffisante pour que la fonction donnée admette, dans (D), toutes les dérivées continues $f^{(\alpha'+\beta')}_{x^{\alpha'} y^{\beta'}}$ pour lesquelles $\begin{Bmatrix} 0 \leq \alpha' \leq \alpha \\ 0 \leq \beta' \leq \alpha \end{Bmatrix}$, est qu'on puisse trouver un réseau (n, p), n'ayant pas de parallèle à $x = 0$ d'ordre supérieur à $\alpha + 1$, ni de parallèle à $y = 0$ d'ordre supérieur à $\beta + 1$, tel que f admette sur les droites du réseau parallèles à Ox, des dérivées continues jusqu'à l'ordre α, et sur les parallèles à Oy, des dérivées continues jusqu'à l'ordre β.

Si l'on considère uniquement des dérivations d'ordres entiers on peut en intervertir l'ordre d'une manière quelconque. Dans le cas contraire on a seulement

$$f^{(\alpha'+\beta')}_{x^{\alpha'} y^{\beta'}} = f^{(\beta'+\alpha')}_{x^{\alpha'} y^{\beta'}}$$

où

$$f^{(\alpha'+\beta')}_{x^{\alpha'} y^{\beta'}} = D^{(\beta')}_{y^{\beta'}}[f^{(\alpha')}_{x^{\alpha'}}(\bar{x}, y)], \qquad f^{(\beta'+\alpha')}_{y^{\beta'} x^{\alpha'}} = D^{(\alpha')}_{x^{\alpha'}}[f^{(\beta')}_{y^{\beta'}}(\bar{x}, y)].$$

4. Du théorème précédent, on déduit que :

Si les intégrales $\int_0 t^{-\theta\alpha-1}[\omega_{n,0}(t)]^\theta\, dt$ et $\int_0 u^{-\theta\beta-1}[\omega_{0,p}(u)]^\theta\, du$ convergent quel que soit $0 < \theta \leq 1$, la fonction admet, dans (D), toutes les dérivées continues $f^{(\alpha'+\beta')}_{x^{\alpha'} y^{\beta'}}$ pour lesquelles $\frac{\alpha'}{\alpha} + \frac{\beta'}{\beta} \leq 1$ (1).

(1) P. MONTEL, *Sur les polynomes d'approximation* (*Bull. de la S. M. F.*, t. 46, 1918, p. 190).

Si l'on suppose $t^{-\alpha}\omega_{n,0}(t)$ et $u^{-\beta}\omega_{0,p}(u)$ seulement infiniment petits, les dérivées pour lesquelles $\frac{\alpha'}{\alpha}+\frac{\beta'}{\beta}=1$ peuvent ne pas toutes exister.

5. Remarquons enfin que les propositions qui précèdent s'étendent à un nombre quelconque de variables.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Le paradoxe de d'Alembert dans le cas des fluides compressibles.* Note de MM. **Émile Jouguet** et **Maurice Roy**, présentée par M. L. Lecornu.

I. Soit un corps solide animé d'une translation rectiligne et uniforme A dans une masse indéfinie d'un fluide parfait, soustrait à l'action de forces. Le mouvement du fluide est nul à l'infini et permanent par rapport au solide. Le paradoxe de d'Alembert apprend que la résultante générale des actions du fluide sur le solide et, *a fortiori*, la résistance sont nulles.

Pour les fluides incompressibles avec potentiel des vitesses, MM. Noaillon et Painlevé ont démontré ce résultat moyennant des hypothèses fort peu restrictives sur la manière dont le mouvement est nul à l'infini. Avec les fluides compressibles, la démonstration n'est établie, à notre connaissance, que par le théorème de M. Cisotti pour la résultante générale et par celui des forces vives pour la résistance.

Nous voudrions montrer que, pour les projectiles plus rapides que le son, l'existence d'ondes de choc en régime permanent est incompatible avec le repos à l'infini tel que l'entendent ces deux théorèmes, de sorte que ces ondes fournissent un moyen d'échapper au paradoxe de d'Alembert. Ce résultat complétera deux Notes consacrées par Duhem au cas où le fluide est le siège de discontinuités [1]. Les calculs de Duhem supposent implicitement que les discontinuités sont des surfaces de glissement. S'il y a onde de choc, ses équations (4) doivent être modifiées. Mais cela ne change que la forme du raisonnement. Les considérations ci-après montreront que ces conclusions, convenablement interprétées, subsistent.

II. Considérons la masse fluide comprise à l'instant t entre le solide et une sphère Σ de rayon r très grand. *Supposons le mouvement adiabatique*. Soient α, β, γ les cosinus directeurs de la normale intérieure à Σ, $\overline{V}=\overline{u}+\overline{v}+\overline{w}$ la

(1) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 592 et 638. On trouvera là la référence aux travaux de M. Cisotti.

vitesse, J l'accélération, p la pression, ρ la densité, W la force vive de la masse fluide envisagée, Υ son énergie interne, U l'énergie interne et S l'entropie de l'unité de masse, F la résistance du fluide. L'équation des forces vives est

$$(1) \qquad dt \int_\Sigma p(u\alpha + v\beta + w\gamma)\, d\sigma + \mathrm{FA}\, dt = \Upsilon' - \Upsilon + \mathrm{W}' - \mathrm{W},$$

en distinguant par un accent les valeurs de R et de W à l'instant $t + dt$. Faisons croître r indéfiniment et admettons les hypothèses suivantes :

1° $\mathrm{V}r^2$ est nul en moyenne à l'infini, au sens de M. Noaillon [1]. Dès lors $\int p(u\alpha + v\beta + w\gamma) d\sigma$ est nul; de plus W et W′ sont finis.

2° $\mathrm{J}r$ est nul partout à l'infini, sauf aux points où passent des ondes de choc. p est alors uniforme à l'infini dans toute région non traversée par de telles ondes. A l'infini, en avant du solide (amont), sa valeur est p_0. Nous admettrons encore que, dans cette région, ρ, S, U ont aussi des valeurs uniformes ρ_0, S_0, U_0 (état initial).

3° $(\mathrm{U} - \mathrm{U}_0)r^3$ est nul en moyenne à l'infini, de sorte que

$$\Upsilon = \int (\mathrm{U} - \mathrm{U}_0)\, dm$$

est fini.

Dès lors, l'équation (1) et le fait que le régime est permanent par rapport au solide montrent que F est nul. Avec les fluides incompressibles, on échappe à cette conclusion en considérant des régimes où W est infini. Avec les fluides compressibles, on peut concevoir d'autres échappatoires, mais, si l'on conserve les hypothèses 1° et 2° ci-dessus, il faut abandonner la troisième et avoir une variation d'énergie interne infinie à partir de l'état initial.

Telles sont les hypothèses nécessaires pour le théorème des forces vives. Pour celui de Cisotti, U n'intervient pas, mais il faut supposer $\mathrm{V}r^2$ et $(p - p_0)r^2$ nuls en moyenne à l'infini.

Sans rechercher dans quelle mesure ces diverses hypothèses sont indépendantes entre elles, montrons qu'elles sont incompatibles avec l'existence d'ondes de choc en régime permanent.

III. Dans le régime permanent par rapport au solide, si l'on suit un filet dans le sens du mouvement, S reste constant, sauf à la traversée d'une onde de choc *où il augmente forcément*. Un filet ne peut donc se fermer sur lui-même; ses deux branches vont à l'infini et, sur la branche

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 879.

aval, S est supérieur à la valeur S_0 de la branche amont. D'autre part, si φ est la vitesse par rapport au solide, on a, le long d'un filet, même s'il rencontre des ondes de choc,

$$\frac{\varphi^2}{2} + U + \frac{p}{\rho} = \text{const.}, \tag{2}$$

φ tendant vers $-A$ dans toutes les directions, $U + \frac{p}{\rho}$ tend, dans toutes les directions, vers la valeur uniforme $\left(U + \frac{p}{\rho}\right)_0$. Par suite, dans les directions où $S > S_0$, p ne peut pas tendre vers p_0, et il est facile de voir que cela arrive sur un nombre de filets assez grand pour que $(p - p_0)r^2$ ne soit pas nul en moyenne. La démonstration de Cisotti tombe donc en défaut.

D'autre part, le fait que, sur certains filets, $U + \frac{p}{\rho}$ tend vers $\left(U + \frac{p}{\rho}\right)_0$, tandis que S est supérieur à S_0 est incompatible, pour la plupart des fluides, avec le fait que U tend vers U_0. Le théorème des forces vives est inapplicable parce que $(U - U_0)r^3$ n'est pas nul en moyenne à l'infini.

Pour les gaz parfaits, toutefois, $U + \frac{p}{\rho} = \frac{C}{c}U$ (C et c, chaleurs spécifiques) et l'incompatibilité des ondes de choc avec les hypothèses du théorème des forces vives se présente autrement. Par ces hypothèses, quand on passe de l'amont à l'aval, la pression à l'infini ne varie qu'à la traversée des ondes de choc : pour les gaz parfaits, elle ne peut donc que *croître*. Il est alors impossible que, là où $S > S_0$, U et $U + \frac{p}{\rho}$ tendent vers U_0 et $\left(U + \frac{p}{\rho}\right)_0$.

Dans tous les cas donc, l'irréversibilité dont l'onde de choc est le siège entraîne en régime permanent une modification des conditions à l'infini requises pour le théorème de Cisotti ou celui des forces vives. Les conséquences qui en résultent pour l'infinitude de W ou de Υ restent évidemment d'une interprétation délicate.

ASTRONOMIE. — *Micromètre optique autoenregistreur pour astrolabe à prisme.* Note de M. **René Baillaud**, présentée par M. B. Baillaud.

Toute modification apportée à l'astrolabe à prisme sera d'autant meilleure qu'elle éliminera mieux ou qu'elle diminuera davantage les

erreurs les plus à craindre et principalement celles qui sont systématiques : équation personnelle, équation de grandeur, inégalité de la réfraction. Il serait important aussi de diminuer l'erreur d'observation, bien qu'elle ne soit qu'accidentelle. La solution que nous proposons ci-dessous nous semble répondre à ces desiderata :

Le micromètre à fil entraîné a permis d'annuler, dans les observations méridiennes, l'équation personnelle et l'équation de grandeur. Jusqu'à présent du moins, aucune expérience, à notre connaissance, n'a prouvé le contraire. Pour l'astrolabe on pourrait imaginer l'emploi d'un micromètre analogue. Nous lui avons préféré le suivant :

Près de l'objectif de la lunette, entre l'objectif et l'oculaire, plaçons deux lames de verre, de même épaisseur et de même indice de réfraction, à faces planes et parallèles, perpendiculaires au plan vertical passant par l'axe optique de l'objectif. La première est mobile autour d'un axe horizontal situé dans son plan. La seconde est fixe.

Dirigeons d'abord la lame mobile parallèlement à la lame fixe. La position du plan focal n'est pas la même que si les lames étaient enlevées. Mais à la condition d'observer chaque fois dans le plan focal correspondant au cas où l'on se trouve, la coïncidence des deux images a lieu au même instant.

Faisons tourner la lame mobile autour de son axe de rotation d'un petit angle et laissons-la ensuite fixe. Observons une nouvelle étoile. La coïncidence des deux images ne se produit pas au même instant que si les lames étaient enlevées. Les rayons lumineux qui forment l'image directe sont relevés ou abaissés par la lame mobile parallèlement à eux-mêmes et la hauteur apparente d'observation est modifiée. Il est à remarquer que le plan focal est ici très légèrement différent pour les deux images. L'écart est très faible et pratiquement insensible si l'angle que font entre elles les deux lames est petit. A cette condition, on peut n'en pas tenir compte, car il ne peut que modifier également pour toutes les étoiles la hauteur apparente d'observation, ce qui ne change pas la correction de pendule conclue. Si maintenant on agit sur la lame mobile d'une façon permanente en la faisant tourner avec une vitesse convenable, il sera possible de maintenir les deux images constamment en coïncidence. La rotation de la lame pourrait être commandée par une vis sur le tambour de laquelle serait fixé un plot, établissant à chaque tour un contact électrique. Ce contact fermerait chaque fois le circuit d'un chronographe. Ainsi seraient enregistrées les heures de coïncidence, définies par des positions successives de la lame

mobile, heures qui correspondent à des hauteurs apparentes bien déterminées de l'étoile. On aurait là un véritable micromètre optique, impersonnel au même titre que le micromètre à fil entraîné des instruments méridiens. Si les images étaient maintenues en coïncidence à la main, il aurait quelque analogie avec le micromètre Repsold. Si l'entraînement de la lame était actionné par un moteur, il se rapprocherait du micromètre à fil automatiquement entraîné, généralement en usage.

Les avantages que l'on pourrait en attendre sont la suppression de l'équation personnelle et de l'équation de grandeur proprement dite, tout comme cela a lieu pour les instruments méridiens munis du micromètre à fil entraîné, et la diminution dans une très forte proportion de l'erreur d'observation puisqu'une coïncidence serait remplacée par un grand nombre de coïncidences successives. Enfin, l'erreur moyenne d'une observation individuelle étant plus faible, il serait possible d'envisager l'emploi d'un prisme d'angle compris entre 60° et 90°, ce qui serait le plus sûr moyen de diminuer l'erreur imputable à la réfraction.

ASTRONOMIE. — *Sur le pouvoir absorbant des atmosphères des étoiles.* Note de M. Salet, présentée par M. B. Baillaud.

On sait que l'on a pu mesurer, au moyen du radiomicromètre ou de la pile thermo-électrique, l'énergie totale q que nous recevons des étoiles. Soit, d'autre part, e l'intensité de leur rayonnement lumineux ou, pour préciser, l'intensité pour $\lambda = 0{,}58$; les mesures de M. Coblentz ont montré que le rapport $R = \frac{e}{q}$ est, en moyenne, deux fois plus grand pour les étoiles des types A et B que pour celles du type solaire.

Théoriquement, R devrait diminuer, au contraire, quand on passe des étoiles solaires aux étoiles plus chaudes. M. Nordmann [1], qui a fait cette intéressante remarque, en conclut que l'on pourrait tirer de ce fait des données sur les pouvoirs absorbants des atmosphères stellaires et que l'absorption générale de ces atmosphères décroîtrait régulièrement, en moyenne, quand on passe des étoiles du type solaire aux étoiles très chaudes.

Mais cette conclusion suppose que l'effet de l'absorption est plus important pour les rayons lumineux que pour l'énergie totale. Or, pour les étoiles

(1) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 392.

des types A et B, c'est le contraire qui doit avoir lieu, parce que, dans ce cas, l'énergie est répartie surtout dans la partie la plus réfrangible du spectre, où l'effet de l'absorption est plus considérable, d'après la théorie de Rayleigh, que pour la lumière jaune. En fait, l'effet d'une absorption est, dans ce cas, d'augmenter la valeur de R, et la conclusion à tirer des mesures de M. Coblentz serait, au contraire, que les étoiles des types A et B ont des atmosphères relativement importantes.

Il est à remarquer que l'absorption des atmosphères stellaires n'est pas la seule cause qui influe sur la valeur de R. Supposons, pour un instant, qu'une étoile rayonne comme un corps noir, on voit que si sa température dépasse 10000°, le maximum de son spectre énergétique passe dans la partie ultraviolette où les radiations ne peuvent pas traverser notre atmosphère. Pour 14000°, c'est la moitié et, pour 20000°, les trois quarts environ de l'énergie totale qui sont ainsi complètement absorbés. C'est là, croyons-nous, la principale cause du fait que, pour les étoiles des types A ou B, le rayonnement total mesuré par M. Coblentz est inférieur à sa valeur théorique.

Le rapport R varie, d'ailleurs, parfois du simple au triple pour des étoiles de même type spectral. Ces variations peuvent avoir différentes causes (présence de compagnons à température moins élevée, etc.). Mais si l'on attribue ces variations à l'absorption des atmosphères stellaires, on ne peut pas conclure, croyons-nous, que cette absorption est faible quand le rapport R est plus considérable. Il semble que, dans le cas des étoiles des types A ou B, cette absorption doit être plus importante pour les étoiles qui, à grandeur visuelle égale, nous envoient le moins d'énergie totale.

PHYSIQUE. — *Sur les expériences par lesquelles on peut atteindre le mécanisme de l'émission lumineuse dans les conditions les plus simples.* Note (¹) de M. **Louis Dunoyer.**

M. Edmond Bauer a publié récemment (²) une intéressante Note relative aux expériences qu'il entreprend sur l'amortissement des centres d'émission lumineuse au moyen des gaz à une dimension. Il fait allusion à quelques observations qui me sont personnelles et qui n'ont pas encore été complètement publiées bien qu'elles remontent au mois de mars 1914.

(¹) Séance du 22 avril 1924.
(²) Ed. Bauer, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1268.

Je crois donc utile d'ajouter à la Note de M. Bauer les quelques indications qui suivent.

Dès que j'eus montré de quelle manière il était possible d'obtenir à volonté des gaz à une dimension, l'objection s'est présentée à l'esprit de plusieurs personnes que le jet de particules projetées pouvait être constitué non par des atomes, mais par des gouttelettes très fines. Pour montrer qu'il s'agissait bien d'atomes, j'ai cherché à provoquer la résonance optique de ces faisceaux à une dimension. Si le faisceau est constitué par des gouttelettes, si fines soient-elles, ces gouttelettes diffuseront la lumière incidente quelque larges que soient les raies dans la lumière excitatrice. Mes recherches sur la résonance superficielle de la vapeur de sodium (1) ayant montré que la résonance n'a lieu que pour le centre des raies excitatrices seulement, la résonance d'un faisceau à une dimension ne devait se produire également que pour le centre de ces raies.

C'est ce que j'ai constaté. La photographie ci-contre montre le phénomène de la résonance optique. L'expérience était disposée comme l'indique ma Note du 1er décembre 1913 (2). Le gaz à une dimension AB sort du tube CA qui débouche au centre du ballon vide D, et devient lumineux sous l'excitation de la lumière émise par une flamme très pauvre en sodium (raies d'émission non renversées) dont l'image était formée sur le parcours du gaz.

Sur le degré de finesse des raies émises par cette résonance, j'ai recueilli l'indication qualitative suivante, à laquelle fait allusion M. Bauer. Si l'on interpose sur le trajet de la lumière excitatrice un ballon vidé contenant du sodium et qu'on le chauffe vers 100° (ce qui correspond à une pression de vapeur de l'ordre de 3^{μ} de mercure), la résonance du gaz à une dimension est *totalement* supprimée. Pourtant l'intensité globale du faisceau excitateur ne subit aucune diminution apparente. D'autre part la température la plus basse pour laquelle les raies d'absorption commencent à apparaître dans un spectrographe Féry à travers un tube de 15^{cm} de longueur est de 250°.

La même expérience réussit avec la résonance superficielle bien qu'il soit nécessaire de chauffer un peu plus le ballon absorbant. La finesse des raies émises par la résonance du gaz à une dimension est donc au moins aussi grande. Or nous avons montré, M. Wood et moi (3), que l'étude photomé-

---

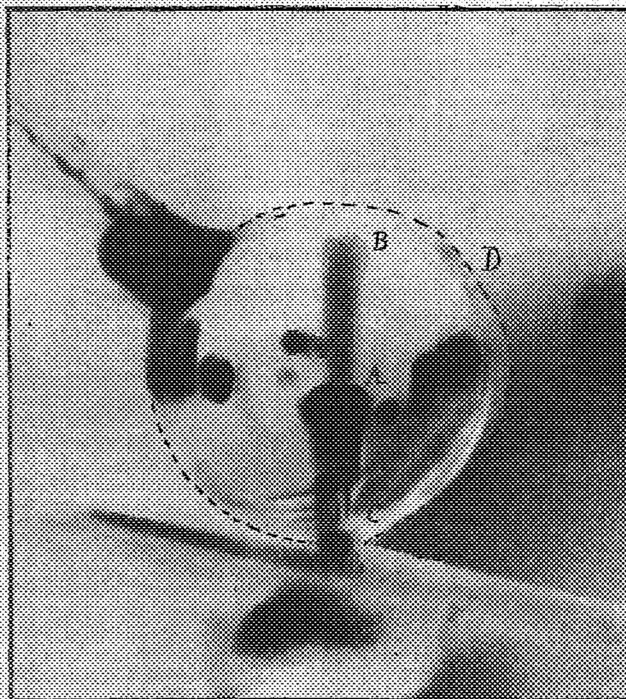
(1) L. DUNOYER, *Journal de Physique*, 5e série, t. 3, 1914, p. 17.

(2) DUNOYER, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 1068.

(3) L. DUNOYER et R. W. WOOD, *Le Radium*, t. 11, 1914, p. 111, et *Phil. Mag.*, 6e série, t. 27, 1914, p. 1025.

trique de la résonance superficielle permettait de déterminer la largeur des raies qu'elle émet, et nous avons trouvé comme limite supérieure de cette largeur 0,02 Å.

En ce qui concerne l'étude de l'amortissement des centres d'émission lumineuse, j'ai montré comment la résonance des gaz à une dimension permettait de l'aborder par un procédé d'observation directe et non par l'étude des limites d'interférence, comme se propose de le faire M. Bauer, qui ne



paraît pas avoir eu connaissance de ma Note du 1er décembre 1913. Ce procédé consiste à n'illuminer qu'une tranche, nettement délimitée, perpendiculaire au gaz à une dimension, et à observer si la lumière de résonance est plus diffuse du côté où les centres d'émission sortent de cette tranche que du côté où ils y pénètrent. L'expérience demanderait à être reprise d'une manière plus quantitative. Telle quelle on peut en déduire une limite supérieure du trajet qu'effectuent les centres d'émission, en continuant à vibrer hors du faisceau excitateur, et par suite une limite inférieure de l'amortissement de leurs vibrations; le résultat ainsi obtenu est d'accord avec la valeur calculée par Drude.

La méthode précédente est évidemment analogue à celle que M. Wien a employée en 1919 avec les rayons canaux. C'est donc à tort, semble-t-il, que M. Bauer semble considérer les expériences de Wien comme la première tentative faite pour atteindre directement par l'expérience l'amortissement des centres d'émission lumineuse.

J'ajoute qu'il serait sans doute facile et très intéressant de provoquer la luminescence d'un gaz à une dimension par un faisceau délié de rayons cathodiques fourni par un filament de tungstène incandescent et dirigé perpendiculairement au gaz à une dimension. On aurait peut-être ainsi une luminescence plus intense et plus de commodité pour employer soit la méthode directe que je viens de rappeler, soit la méthode interférentielle. Le cliché dont la reproduction est donnée ci-dessus a été obtenu avec une pose d'une demi-heure et des objectifs ouverts à f : 2,3. Il est donc probable que l'emploi d'un appareil interférentiel exigera des poses d'au moins 2 heures. La résonance de la vapeur de mercure pour la raie 2536 présente à ce point de vue des avantages.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'enregistrement des oscillations électromagnétiques de grande fréquence (fréquences hertziennes).* Note de M. A. Dufour, transmise par M. P. Villard.

On sait que l'oscillographe cathodique à inscription photographique directe dans le vide, dont j'ai donné jadis le principe ([1]), permet, dans un large domaine de fréquences, d'enregistrer tous les phénomènes qui se traduisent par une variation de champ électrique ou de champ magnétique. La description de l'appareil pratique et ses diverses techniques d'application ont été données en détail il y a quelque temps ([2]).

Je rappellerai seulement que son dispositif pour basses et moyennes fréquences, et dans lequel on utilise la rotation d'un cylindre enregistreur combinée ou non avec des oscillations auxiliaires du faisceau cathodique, permet l'enregistrement des phénomènes variables depuis les plus lents jusqu'à ceux dont la fréquence atteint quelques centaines de mille par seconde. En outre, son autre mode d'utilisation, spécial aux hautes fréquences, s'est montré très pratique pour obtenir le tracé de courbes de courant ou de tension dans le domaine de fréquences allant de quelques milliers à

([1]) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1339.

([2]) *Oscillographe cathodique pour l'étude des basses, moyennes et hautes fréquences*, 1923 (Chiron, éditeur).

quelques dizaines de millions par seconde, ainsi que le montrent les divers spécimens déjà publiés à ce sujet [1].

Dans la présente Note, j'indique les résultats que cet oscillographe peut donner au point de vue de l'enregistrement graphique des oscillations encore plus rapides, qu'on peut proprement appeler oscillations hertziennes, puisque le domaine de fréquences envisagé ici va de 100 millions à 1 milliard par seconde.

La technique utilisée est toujours celle des hautes fréquences, avec quelques améliorations de détail. Dans les clichés obtenus, les déviations rectangulaires d'allongement du tracé sont produites, l'une par du courant alternatif à 286000 périodes, l'autre par des oscillations amorties de fréquence 12 millions par seconde. Le phénomène à très haute fréquence utilisé ici vient s'inscrire sur les oscillations amorties précédentes. On peut se rendre compte immédiatement de la possibilité de tels enregistrements : on arrive en effet à obtenir des clichés où l'amplitude totale des oscillations de fréquence 12 millions, correspondant à un tracé encore bien visible, atteint presque 50^{mm}. Dans ces conditions, à l'endroit où la vitesse d'inscription est maxima, 1^{mm} du tracé représente une durée de $\frac{1}{1800000000}$ de seconde et équivaut à un trajet de lumière inférieur à 20^{cm}.

Les oscillations hertziennes envisagées ici sont de longueur d'onde comprise entre 3^{m} et 30^{cm}; on peut les demander soit à un oscillateur à triode, soit à un circuit ordinaire amorti.

On sait qu'on obtient difficilement avec assez de puissance des oscillations entretenues de très courte longueur d'onde [2]; aussi me suis-je limité à celles qu'il est facile d'obtenir et je me suis contenté d'enregistrer la courbe de courant de telles oscillations de longueur d'onde $2^{m},79$ (fréquence 107 millions).

Pour les fréquences supérieures, je me suis adressé uniquement aux décharges amorties d'un circuit à condensateur et j'ai enregistré la courbe de tension entre les armatures de ce dernier.

L'emploi de ces oscillations temporaires exige une légère complication : leur naissance doit être commandée par l'étincelle du circuit oscillant à 12 millions; en outre pour qu'elles s'inscrivent au moment du maximum de vitesse de déplacement de la tache cathodique sur la plaque, l'étincelle utile, déclanchant les oscillations du circuit à très haute fréquence, doit

---

(1) *L'onde électrique*, t. 1, 1922, p. 699; t. 2, 1923, p. 19, 620, 692.

(2) GILL, *L'onde électrique*, t. 3, 1924, p. 123.

être retardée par rapport à la première d'une durée en général égale à une demi-période des oscillations de fréquence 12 millions, ce que l'on réalise aisément en utilisant la propagation de ces dernières le long d'une ligne de longueur convenable.

Les circuits oscillants que j'ai employés sont, comme à l'ordinaire, faits d'un condensateur et d'une self, leur circuit ne comprenant pas d'étincelle. L'oscillateur ainsi réalisé est connecté unipolairement à la ligne par laquelle arrive la perturbation électrique considérée ci-dessus. Pour fixer les idées, voici les dimensions du circuit oscillant de fréquence de l'ordre du milliard par seconde. Le condensateur est formé de deux armatures planes parallèles, de dimensions 10^{mm} sur 15^{mm}, distantes l'une de l'autre de 13^{mm}; la longueur du fil qui constitue le circuit métallique est seulement de 5^{cm}. Le tube cathodique se place entre les armatures du condensateur.

Les enregistrements obtenus sont naturellement tous de très faibles amplitudes; ils correspondent à diverses fréquences échelonnées entre 150 millions et 1 milliard; la netteté du trait est inférieure à celle de mes précédents oscillogrammes; cependant la lecture en est encore possible à la plus grande fréquence atteinte ici. Les oscillations qu'on obtient ainsi sont toutes, comme on pouvait s'y attendre, extrêmement amorties; ce n'est que dans certains cas particuliers de montage que la ligne se met à résonner pour l'un de ses harmoniques et que les oscillations se prolongent alors plus longtemps.

En résumé, le domaine d'utilisation possible de l'oscillographe cathodique, ainsi complété, s'étend par conséquent de la fréquence zéro à la fréquence d'au moins 1 milliard par seconde; en d'autres termes, il permet de préciser, avec une finesse de détails décroissante comme la durée envisagée, la forme de la variation en fonction du temps d'une perturbation électromagnétique dont la durée d'existence, exprimée en parcours de lumière, peut descendre jusqu'à une vingtaine de centimètres.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un électromètre à lampe triode et son application à la mesure du gradient électrique de l'atmosphère.* Note de M. **P. Lejay**, présentée par M. G. Ferrié.

Le courant de plaque d'une lampe à trois électrodes est, dans de larges limites, fonction linéaire de la différence de potentiel existant entre la grille et le filament.

Les variations de potentiel dues à une source S placée dans le circuit de grille seront donc facilement déduites de la courbe correspondante enregistrée par un milliampèremètre disposé dans le circuit de plaque, à condition toutefois :

1° Que le chauffage du filament et la tension de plaque soient rigoureusement constants;

2° Que le courant de grille ne modifie pas la différence de potentiel à mesurer.

Lorsque la résistance intérieure de la source n'est pas très faible vis-à-vis de la résistance apparente de l'espace filament-grille ou, si l'on veut, lorsque le débit maximum de la source n'est pas très grand vis-à-vis des courants de grille, il est avantageux de diminuer ceux-ci le plus possible en portant la grille à un potentiel inférieur à celui du filament. On dit souvent que, dans ces conditions, « la grille ne débite plus ». En réalité, le courant de grille ne s'annule que pour une valeur déterminée du potentiel; au-dessous il se renverse, sans doute par suite de l'ionisation des traces de gaz restant dans la lampe.

Ce courant, si faible qu'il soit, peut modifier encore sensiblement la différence de potentiel aux bornes d'une source de très grande résistance.

J'ai pu dans ce cas employer avec succès l'artifice suivant, récemment signalé par MM. Ferrié, Jouaust et Mesny (¹).

La source charge un condensateur dont l'armature positive est reliée en permanence au filament. Lorsque l'équilibre est établi, l'autre armature est brusquement réunie à la grille. La décharge provoque alors une diminution du courant de plaque facile à enregistrer, fonction de la quantité d'électricité emmagasinée par le condensateur, et par conséquent de la différence de potentiel établie par la source avant la décharge (²).

Le milliampèremètre fonctionne en balistique et donne un enregistrement discontinu; l'expérience montre que *ses déviations sont sensiblement proportionnelles aux voltages mesurés.*

L'étalonnage de l'appareil se fait en remplaçant la source par des batteries donnant des différences de potentiel connues; le condensateur, chargé par ces batteries, est déchargé sur la grille comme précédemment.

Toutes les commutations pour les mesures et l'étalonnage se font automatiquement; on obtient ainsi une plus grande régularité dans les contacts et l'on évite, au voisinage du condensateur, un mouvement de la main qui en modifierait l'état électrique.

Il est inutile de dire que les plus grandes précautions doivent être prises pour assurer l'isolement; à ce point de vue les échantillons d'acroléine du laboratoire de M. Moureu m'ont donné toute satisfaction.

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1120. Il s'agit ici, non de déceler des courants très faibles, mais de mesurer des différences de potentiel, relativement élevées, qui les accompagnent dans certains cas.

(²) Des courants trop faibles pour donner une variation du courant de plaque dans les conditions ordinaires m'ont donné ainsi une diminution de plusieurs milliampères.

J'ai appliqué cette méthode à la mesure du gradient électrique de l'atmosphère, en remplaçant la source S soit par deux prises de potentiel, soit par une prise et la terre.

Des comparaisons ont pu être faites à l'observatoire du Parc Saint-Maur avec un électromètre de Mascart à enregistrement photographique; elles ont montré la fidélité de l'instrument, les erreurs pouvant atteindre $\frac{2}{100}$ de la déviation totale.

L'appareil présente sur les électromètres ordinaires l'avantage de pouvoir être déplacé facilement; fermé hermétiquement, il est soustrait à l'action des champs extérieurs et de l'humidité.

Il est facile de faire varier la sensibilité; il suffit de changer la capacité du condensateur; on peut ainsi passer par exemple de 4 à 60 volts pour la déviation totale en utilisant un milliampèremètre et une lampe de types courants.

L'instrument est susceptible de mesures de potentiel en altitude et de plusieurs autres applications sur lesquelles je me propose de revenir dans la suite.

PHYSICO-CHIMIE. — *Les volumes dans le voisinage de l'état critique de miscibilité.* Note [1] de M. N. **Perrakis**, présentée par M. A. Haller.

J'ai déjà montré [2] que l'influence du voisinage de l'état critique de miscibilité sur les volumes se traduit par une déformation de la courbe donnant, en fonction de la composition, les variations de volume produites dans les mélanges de deux constituants d'un système binaire, et, de plus, que cette courbe présente une partie sensiblement rectiligne indiquant la proximité de la région de non-miscibilité.

Continuant mes recherches, je me suis proposé de suivre d'une façon systématique la déformation de ces courbes, et, dans ce but, j'ai entrepris l'étude, à 20°, des variations volumétriques produites dans les mélanges de benzène avec les quatre premiers termes de la série des alcools.

La technique employée est celle indiquée antérieurement [3]. Toutefois, les variations de volume étant très faibles, surtout dans le cas du système

---

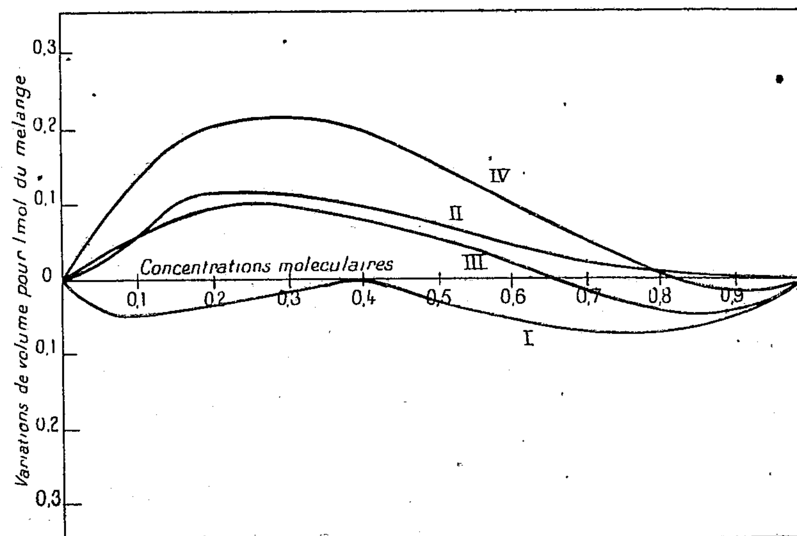
(1) Séance du 14 avril 1924.

(2) Nicolas Perrakis, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 703.

(3) Les densités sont rapportées à l'eau à 20°.

benzène-alcool méthylique, j'ai été obligé de faire plusieurs séries de mesures, afin d'éliminer les causes d'erreur qui pourraient provenir de la volatilité des constituants et, surtout, d'une mauvaise détermination de la température.

Les courbes du graphique ci-dessous traduisent les résultats de cette étude.



I. On constate que la partie rectiligne, *indice d'un état proche de la non-miscibilité*, s'efface progressivement lorsqu'on passe du système (I) au système (IV), *le degré de miscibilité* des systèmes considérés croissant dans l'ordre indiqué, c'est-à-dire du système benzène-alcool méthylique au système benzène-alcool butylique normal.

II. On voit, d'autre part, que les variations de volume augmentent à mesure qu'on monte dans la série des alcools, c'est-à-dire que la courbe se redresse progressivement; il est à peu près certain que, si l'on poussait cette étude assez loin, on arriverait, pour un terme plus ou moins élevé de cette série, à l'allure pseudo-parabolique antérieurement signalée (¹).

(¹) E. Biron, *J. Soc. physico-chimique russe* (sect. chim.), t. 41, 1909, p. 569. — L. Gay, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1914. — Nicolas Perrakis, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 703.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur les lois physiques de formation de l'ozone par l'effluve.* Note de M. **A. Chassy**, transmise par M. Branly.

Quand on fait passer, dans un gaz quelconque, l'effluve provenant de décharges alternatives à haute tension, il se produit un dégagement de chaleur que l'on peut recueillir dans le milieu ambiant ou dans un calorimètre; c'est ce que j'appelle la chaleur dégagée extérieurement, ou quantité de chaleur dégagée par le phénomène. Si la décharge passe dans l'oxygène pur, on a, en même temps, formation d'ozone. Il m'a paru intéressant de comparer la quantité d'ozone obtenue au dégagement de chaleur qui se produit simultanément.

Le gaz est renfermé dans la partie annulaire, entre deux tubes de verre concentriques. Les armatures sont des feuilles d'étain séparées par les deux épaisseurs de tubes. Pour mesurer à chaque instant la quantité d'ozone formée, j'emploie la méthode manométrique. L'espace contenant l'oxygène communique par un tube fin avec un petit manomètre à acide sulfurique. De la variation de pression observée on déduit la quantité d'ozone formée, en se basant sur la formule moléculaire de l'ozone O^3. Cet appareil est contenu dans un vase servant de calorimètre, de sorte que, par l'observation de plusieurs thermomètres, on peut déduire la quantité de chaleur dégagée par le phénomène. Toutes les corrections calorimétriques nécessaires sont soigneusement effectuées et contrôlées par expériences préliminaires avec quantités de chaleur connues.

On sait que la rapidité d'ozonification dépend de la valeur de la tension alternative utilisée. Une tension plus élevée, dans un temps donné, développe une plus grande quantité d'ozone, cela est naturel. De plus, la rapidité de formation de l'ozone est proportionnelle à la fréquence qui, dans mes expériences, varie dans le rapport de 1 à 6. Mais, relativement à la chaleur dégagée extérieurement, j'ai trouvé les deux faits importants suivants :

1° Quelles que soient la tension et la fréquence, le rapport numérique R entre la quantité de chaleur dégagée et la quantité d'ozone obtenue est constant, en supposant qu'on s'arrête chaque fois à une même concentration d'ozone. On ne modifie pas non plus la valeur de R en faisant varier les autres conditions de l'expérience, telles que l'épaisseur de gaz traversée par l'effluve ou bien la hauteur du tube. Ce rapport ne dépend absolument que de la concentration à laquelle on s'arrête. En résumé, il y a une relation directe entre la chaleur dégagée et la quantité d'ozone formée, quelles que

soient les conditions de l'expérience. Cette loi n'est exacte qu'en partant chaque fois d'oxygène pur et non plus ou moins ozonisé. Cette restriction est nécessaire car, par exemple, si l'on a de l'oxygène ozonisé à saturation, l'effluve n'agit évidemment plus; on a alors dégagement de chaleur sans formation d'ozone. Il faut de même s'arrêter, chaque fois, à une même concentration d'ozone.

L'énergie électrique totale dépensée dans ce phénomène se transforme en deux parties : l'une produit le dégagement de chaleur recueilli dans le milieu ambiant, l'autre correspond à l'absorption de chaleur nécessitée par la formation de l'ozone, car on sait que ce corps est endothermique. Le fait que j'ai observé prouve que ces deux énergies sont entre elles dans un rapport déterminé, indépendant des conditions plus ou moins actives de l'expérience, ne dépendant que de la concentration à laquelle on s'arrête.

2° Considérons la formation initiale, c'est-à-dire celle qui correspond à une concentration faible. Une quantité donnée d'énergie dépensée est plus active dans l'oxygène peu ozonisé que dans celui qui l'est fortement, puisque le système tend vers un état de saturation. En dressant la courbe qui relie la quantité totale d'ozone obtenue à la quantité totale de chaleur dégagée extérieurement, j'en déduis l'énoncé suivant relatif au cas où la concentration de l'ozone formé est faible. Soient Q la quantité de chaleur dégagée, en petites calories, et V le volume d'oxygène qui s'est transformé en ozone, ce volume étant évalué en centimètres cubes à la pression 76 et ramené à 0°. Je trouve :

$$\frac{V}{Q} = 7,04$$

comme résultat d'un grand nombre d'expériences à la température ordinaire. La température n'a pas d'influence sur ce rapport, du moins dans les limites où j'ai opéré, entre 0° et 25°. Ce rapport est constant, quelles que soient la tension, la fréquence du courant, et les dimensions de l'appareil. En outre, comme je l'ai dit, ce rapport ne concerne que la formation initiale qui est la plus active.

D'après tout cela, il est donc inutile, au point de vue théorique j'entends, de chercher quels sont les dispositifs les plus avantageux de formation d'ozone par l'effluve, puisque, si l'on s'arrête à une concentration déterminée, une fraction toujours la même de l'énergie dépensée se transforme en énergie chimique représentée par la formation de l'ozone. La perte d'énergie corrélative de la production de l'ozone est inéluctable et déterminée.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur le mécanisme de l'expulsion des molaires inférieures des mastodontes et des éléphants.* Note [1] de M. S. STEFANESCU.

Aichel [2] conteste que chez l'Éléphant « la dent se meut d'arrière en avant » et déclare que « le soi-disant remplacement horizontal des molaires est fictif (p. 99) ». D'autre part, d'après Soergel [3], « il n'y a pas à nier la progression propre des molaires (p. 80) » des éléphants. Pour contribuer à élucider cette question, j'ai fait des recherches, dont j'expose ci-après le résultat :

I. L'alvéole de chaque vraie molaire inférieure de Mastodonte et d'Éléphant est limitée en avant et en arrière par un septum interalvéolaire. A l'intérieur, elle est divisée par un septum intraalvéolaire en deux compartiments inégaux, dont l'antérieur est plus petit que le postérieur. Sur le milieu des deux faces, antérieure et postérieure, du septum intraalvéolaire se trouve une carène oblique de bas en haut et de l'intérieur à l'extérieur. Par rapport à la longueur du maxillaire, *tous les septums sont dirigés suivant les rayons d'un arc de cercle à concavité externe.*

II. Aux deux compartiments inégaux de l'alvéole correspondent deux branches inégales de la racine, l'antérieure (R_a) plus petite que la postérieure (R_p). Celle-ci peut être non divisée ou divisée en branches intermédiaires et un cône postérieur ($R_p = R_i + C_p$). Sur les faces en regard des R_a et R_p il y a un sillon infraradical, dans lequel sont logés respectivement les deux carènes du septum intraalvéolaire.

a. Les R_a et R_p croissent de haut en bas, s'infléchissent d'en bas en arrière et se dirigent de l'extérieur vers l'intérieur. Mais il est à remarquer que la R_a est plus redressée que la R_p, qui est plus inclinée. Le redressement de la R_a est opposé au redressement de la diasthème, tandis que l'inclinaison de la R_p concorde avec la direction inclinée d'avant en arrière du bord alvéolaire du maxillaire.

III. Puisque la molaire et son alvéole s'organisent d'avant en arrière, il s'ensuit qu'à tout moment la partie antérieure de la molaire et de son

---

(1) Séance du 22 avril 1924.

(2) *Kausale-Studie zum ontogenetischen und phylogenetischen Geschehen am Kiefer, etc.* Berlin, 1912.

(3) *Elephas Columbi. Geologisehe und palæontologische Abhandlungen.* Iena, 1921.

alvéole est plus avancée en organisation que la partie postérieure. La partie antérieure de la couronne sort de l'alvéole et s'use par la mastication avant que sa partie postérieure soit complètement organisée. Le plan d'usure de la couronne, au lieu d'être parallèle au plan de son collet ou cingulum, est oblique sur ce plan.

IV. En progressant, l'usure atteint d'abord les bases des collines ou lames supportées par la R_a et les sépare de celles qui sont supportées par la R_p. Normalement donc, *l'usure de la couronne provoque la fragmentation de la molaire et détermine son expulsion.*

a. Guidée par la carène antérieure du septum intraalvéolaire, la R_a soulève les collines ou lames qu'elle supporte, les pousse d'arrière en avant et les renverse de l'intérieur à l'extérieur. En même temps, envahie ou non par la carie, elle se résorbe ou se réduit en fragments qui s'expulsent. De la sorte, le compartiment antérieur de l'alvéole se vide.

b. Par l'action continuelle de l'usure, les collines ou lames supportées par la R_p sont détachées une à une ou groupe par groupe, dans l'ordre de leur succession.

c. Guidée par la carène postérieure du septum intraalvéolaire, la R_p soulève les collines ou lames qu'elle supporte, les pousse d'arrière en avant et les renverse de l'intérieur à l'extérieur. Mais, puisqu'elle est plus inclinée d'avant en arrière que la R_a, les collines ou lames qu'elle supporte sont poussées plus en avant que ne le sont celles supportées par la R_a. *C'est seulement de la sorte que s'opère la progression de la molaire, improprement dite dans le sens horizontal, parce qu'elle s'opère à la fois dans trois directions : de bas en haut, d'arrière en avant et de l'intérieur à l'extérieur.*

V. La substance osseuse nouvellement produite à l'intérieur de l'alvéole comble son compartiment antérieur, et à la suite des appositions et des résorptions qui ont lieu, toute trace de l'existence de ce compartiment disparaît. Exemple : Une moitié gauche d'un maxillaire inférieur de *Mastodon arvernensis* de ma collection présente sur son bord alvéolaire la M_3 en place et le compartiment postérieur de l'alvéole de M_2 vidé. Le compartiment antérieur étant comblé, cette alvéole paraît n'avoir eu qu'un seul compartiment. Mais la présence d'une carène oblique sur la face interne de sa paroi antérieure nous avertit que cette paroi est formée par le septum intraalvéolaire, fusionné par sa face antérieure avec la substance osseuse qui a comblé le compartiment antérieur.

VI. Pendant que s'opèrent ces changements de l'alvéole, la branche horizontale du maxillaire croît et s'élève dans le sens vertical, beaucoup

plus à sa partie antérieure qu'à sa partie postérieure. La diasthème gagne en hauteur et son extrémité supérieure ou pointe culminante (P_c) se déplace en arrière vers la branche ascendante du maxillaire. *Le bord alvéolaire s'incline en arrière et sa direction, au lieu d'être droite et horizontale, est courbe ou arquée et concave vers le haut.*

VII. Des modifications pareilles à celles qui ont fait disparaître le compartiment antérieur font disparaître aussi le compartiment postérieur de l'alvéole, et ensuite, *toute trace de l'existence de la molaire expulsée s'efface.*

VIII. *La Chute de la molaire affecte seulement la paroi externe du bord alvéolaire.* Ni le bec de la rigole symphysiale, ni la diasthème, ni la paroi interne du bord alvéolaire ne sont endommagés par cette chute. A cet égard, le fait suivant est instructif. Sur le bord alvéolaire d'une moitié droite du maxillaire inférieur d'*Elephas meridionalis* de ma collection, outre la M_3 en place, il y a le reste de R_p de M_2 implanté sur la paroi externe, à côté de la diasthème, mais beaucoup plus bas que sa pointe culminante (P_c). Le septum interalvéolaire qui sépare les alvéoles de M_2 et M_3, déplacé obliquement vers l'extérieur, est entré en voie de destruction.

Conclusion. — Nous concluons donc *qu'avant, pendant et après la chute de chaque molaire des résorptions et des appositions locales ont lieu seulement à l'extrémité antérieure de l'arc de cercle à concavité externe, occupé et suivi par la série de molaires m_1 — M_3.* Cette conclusion s'applique à la fois aux mastodontes et aux éléphants; d'autres faits inédits viennent à son appui.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Culture de moisissures sur acides aminés et mécanisme de l'action dynamique spécifique.* Note de M. **E.-F. Terroine**, Mlle **S. Trautmann**, MM. **R. Bonnet** et **R. Jacquot**, présentée par M. Guignard.

Toute formation d'hydrates de carbone aux dépens de protéiques — germination de graines à réserves albuminoïdes abondantes; développement de moisissures sur gélatine ou sur peptone — est accompagnée par une perte importante d'énergie. Terroine, Bonnet, Jacquot, Joëssel et Vincent [1] voient dans ces faits, qu'ils ont établis, l'explication de l'action dynamique spécifique : l'énergie perdue, sous forme de chaleur, par la

[1] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 213, et t. 178, 1924, p. 869.

transformation des protéiques en hydrates de carbone peut couvrir les besoins de thermogenèse de l'homéotherme (Rubner); elle est entièrement inutilisable pour l'homéotherme à la neutralité thermique (Rubner) ou pour le poïkilotherme animal (Weiss) ou végétal (Terroine et ses collaborateurs).

Pour aller plus avant dans la connaissance du mécanisme de l'action dynamique spécifique, il faut maintenant préciser à quelle phase de la transformation se fait la perte d'énergie : le passage des acides aminés au glucose, et de là à la cellulose dans les études ci-dessus rappelées, comporte en effet une série de stades dont un commun à tous, la désamination, et d'autres nécessairement différents suivant le nombre d'atomes de carbone et la constitution.

Nous avons cru possible la solution de cette question par la détermination du rendement énergétique dans le développement des moisissures déjà étudiées par nous, cultivées sur des milieux dans lesquels un acide aminé apporte à lui seul à la fois l'aliment azoté et la chaîne ternaire. Si les rendements sont identiques ou très voisins avec divers acides aminés, c'est que la perte d'énergie s'opère surtout au cours de la désamination; s'ils sont au contraire nettement différents, c'est qu'elle est la conséquence des transformations successives de la chaîne ternaire.

Les conceptions de l'énergétique de la désamination actuellement exprimées sont assez contradictoires. Pour Lefévre, qui s'appuie sur une valeur hypothétique de la chaleur de formation de l'acide pyruvique, la désamination de l'alanine avec formation de l'acide pyruvique serait un processus thermochimiquement neutre ([1]). Par contre, Wurmser ([2]), attribuant à la chaleur de formation de l'acide pyruvique une valeur (155) déterminée par V. Henri et Landrieu, admet qu'elle comporte une importante perte d'énergie. Au surplus, rien ne prouve que le passage par l'acide cétonique est l'unique procédé de désamination et que, dans certains cas, il n'y a pas formation primitive d'acide hydroxylé. La question devait donc être reprise expérimentalement. Nous l'avons fait en offrant soit à *St. nigra*, soit à *Asp. orhizæ* divers acides aminés ; glycocolle, alanine, valine et leucine. On trouvera ci-après les valeurs moyennes du rendement énergétique lors du développement de ces moisissures sur un milieu contenant,

([1]) *Bull. Soc. Hyg. alim.*, t. **10**, 1922, p. 595.
([2]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, t. **5**, 1923, p. 506.

indépendamment de chacun de ces acides aminés, une même constante saline.

	Rendement énergétique brut dans la croissance de	
	Aspergillus orhizæ.	Sterigmatocystis nigra.
Glycocolle	-	0,39
Alanine	-	0,39
Valine	0,39	-
Leucine	0,38	0,39

Si l'on veut bien, tout en constatant l'identité des valeurs obtenues, se rappeler que le rendement énergétique est de 0,37 sur peptone de soie et de 0,39 sur gélatine pour *A. orkizœ*, de 0,38 sur peptone pour *St. nigra*, on sera nécessairement amené à penser que la perte d'énergie constatée dans la transformation des protéiques en glucose s'opère à peu près uniquement au cours de la désamination et que les transformations ultérieures de la chaîne ternaire doivent y avoir peu de part.

Il nous a paru qu'on pourrait apporter, de cette manière de voir, une preuve plus convaincante encore par la comparaison des rendements énergétiques lors de développement sur glucose et sur glucosamine, comparaison que permet l'aptitude de *Asp. orhizœ* à croître aux dépens de cette dernière substance.

Nous avons donc déterminé ces rendements pour des milieux contenant tantôt un mélange de glucose et de NH^4Cl et tantôt du chlorhydrate de glucosamine; les résultats rapportés ci-dessous sont particulièrement démonstratifs.

	Rendement énergétique brut.	
Glucose + NH_4Cl		0,57
Chlorhydrate de glucosamine :		
Expérience 1	0,43	
» 2	0,40	(moy.)
» 3	0,37	0,39
» 4	0,39	

Le mélange glucose + NH^4Cl permet un rendement identique à celui déjà signalé par Terroine et Wurmser pour glucose + $SO^4(NH^4)^2$; d'autre part, la glucosamine donne un rendement identique à celui des protéiques et des acides aminés.

Nous croyons donc pouvoir conclure que c'est essentiellement au cours de la désamination que se produit la perte d'énergie observée lors de la

transformation des protéiques en hydrates de carbone et que c'est dans la nécessité de cette désamination qu'il faut chercher la cause de l'action dynamique spécifique des protéiques.

PHYSIOLOGIE. — *Action du thorium X sur la maturation des œufs, la germination des graines, et l'accroissement des plantes.* Note de MM. **Aversenq, Delas, Jaloustre** et **Maurin**, présentée par M. L. Mangin.

1° *Maturation des œufs.* — Nous avons pris comme sujet d'étude l'œuf d'*Ascaris lombricoïdes* dont le développement est facile à observer.

Des œufs prélevés au niveau d'un même segment de l'appareil génital d'une femelle d'ascaris ont été distribués en trois récipients : un premier servant de témoin, un second additionné de 10^{γ} de thorium X par semaine, un troisième de 36^{γ} par semaine, également.

Dans le flacon témoin l'embryon n'apparaît nettement formé qu'au bout de 32 jours à la température du laboratoire (15° environ).

Par contre, dans le flacon à faible dose de thorium X, l'embryon est formé en 23 jours. Enfin, à dose forte, les œufs ont dû être arrêtés dans leur évolution car 2 mois après on ne constate chez aucun d'eux de formes embryonnaires.

Par conséquent, le thorium X, utilisé aux doses faibles, active la maturation des œufs d'acaris, tandis que, à doses plus élevées, il paraît les détruire ou du moins paralyser leur maturation.

2° *Germination des graines.* — Nous faisons, actuellement, des essais sur diverses semences avec des doses variables de thorium X. Bien que ces expériences soient encore en cours, nous pouvons donner déjà un premier résultat obtenu avec des graines de *Raphanus.* Par simple immersion dans de l'eau radioactivée à 5^{γ}, ces semences, dès le deuxième jour, ont donné sortie à leurs radicules tandis que ces dernières n'ont apparu qu'au quatrième jour dans le récipient témoin.

Par contre, dans un récipient radioactivé à 100^{γ}, aucun mouvement germinatif apparent ne s'est encore produit au septième jour.

Nouvelle manifestation de cette sorte de loi d'excitation des phénomènes biologiques par des doses faibles et de paralysie par des doses fortes.

Nous poursuivons ces expériences sur la germination des graines et le développement des plantes radioactivées et en communiquerons les résultats, ultérieurement.

3° *Accroissement des plantes.* — Nos expériences ont porté sur une petite Lemnacée, *Lemna polyrrhiza*, qui se prête tout particulièrement en raison de son habitat et de son mode d'accroissement au genre d'examen que nous voulions faire.

Cette petite plante vit très bien dans l'eau. On la rencontre, en effet, dans les mares, les étangs qu'elle recouvre parfois entièrement. Elle est constituée par des lames vertes, arrondies, lenticulaires, d'où partent de petites racines. Fleurissant très rarement, elle s'accroît surtout par bourgeonnement. Il est donc facile de la suivre dans son évolution au laboratoire dans un simple cristallisoir plein d'eau.

Naus avons fait agir sur elle des doses fortes et des doses faibles de thorium X. Trois cristallisoirs ensemencés d'un même nombre de lames de *Lemna* sont ainsi distribués : le premier sert de témoin, le deuxième reçoit chaque semaine 50^{γ} de thorium X, le troisième, seulement 5^{γ} par semaine.

Dès la première semaine, les *Lemna* recevant des doses fortes se décolorent, perdent leur chlorophylle, et, à la fin de la deuxième semaine, elles sont complètement mortes, car sorties de leur milieu et placées dans des conditions normales, elles ne manifestent plus aucune vie apparente.

Au contraire, dans le cristallisoir additionné de faibles doses de thorium X, au bout de 15 jours l'accroissement est nettement supérieur aux *Lemna* du témoin, et au bout d'un mois, le nombre des lames vertes a quintuplé, tandis qu'il n'a que doublé dans le cristallisoir témoin.

En somme, nous retrouvons ici, une fois de plus, l'influence favorable des doses faibles, l'influence nocive des doses fortes.

CYTOLOGIE. — *Remarques sur quelques éléments figurés du sang des Glycères.* Note [1] de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. F. Mesnil.

Linocytes. — La première apparition de l'appareil fibreux peut avoir lieu plus tôt que je ne l'ai indiqué dans ma précédente Note [2]. Il est déjà présent dans des éléments à allure de lymphocytes, sous la forme d'un périnème accolé extérieurement à la membrane du noyau. Il est alors identique au péricaryonème découvert par Dubreuil (1906) dans des éléments lymphocytiformes du canal thoracique du Chien. Les rapports étroits qu'il

---

[1] Séance du 22 avril 1924.

[2] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1331.

présente à ce moment avec le noyau me poussent à croire que sa substance provient au moins en partie de ce dernier; il aurait ainsi la valeur d'une production chromidiale. Le plus souvent, il se détruit et la cellule se présente comme un petit leucocyte à fines granulations oxyphiles et sidérophiles. Mais cette disparition n'est que temporaire, car on le voit se reformer aux dépens de ces granulations de la façon que j'ai décrite dans ma précédente Communication. Enfin, ainsi que je l'ai montré, quand les linocytes sont adultes, l'appareil fibreux se détruit à nouveau lors du passage aux grands granulocytes. Comme on voit, nous devons nous habituer à l'idée que le linocyte défait et refait ce dispositif avec la plus grande facilité. Une légère modification de son chimisme y suffit sans doute. Cependant sa division par mitose, que j'ai pu étudier en détail, s'accommode de la persistance presque complète de ces singulières productions si fortement extériorisées.

Autonomie et spécificité des linocytes. — Romieu [1] les considère comme des érythrocytes jeunes ou adultes partiellement hémolysés, c'est-à-dire comme des éléments altérés ne devant leur physionomie originale qu'à une altération. L'appareil filamenteux serait uniquement le filament marginal rétracté et dissocié de l'érythrocyte. Cet auteur indique même le procédé technique le plus sûr pour transformer tous les érythrocytes d'un frottis en de tels linocytes. De nombreuses raisons, que je ne puis développer ici, démontrent au contraire que ces cellules ont une existence propre.

Chondriome des érythrocytes. — Le procédé préconisé par Benda et, mieux encore, celui de Regaud m'ont permis de mettre en évidence, pour la première fois, dans leur endosome, des filaments courts ou quelquefois très longs et décrivant des boucles. Souvent lisses et homogènes, ils prennent aussi, deci delà, l'aspect de chondriomites. Ils sont tout à fait comparables aux formations mitochondriales que Meves a découvertes dans les érythrocytes de la Salamandre et dans les hématies primordiales du Poulet.

Origine des érythrocytes. — Elle est mal établie; je n'ai pas encore observé des cellules à allure de lymphocytes en train de se transformer en globules rouges. Ceux-ci proviennent, selon moi, de jeunes linocytes devenus finement granuleux à la suite de la désintégration de l'appareil filamenteux.

Il n'est pas non plus impossible que des granulocytes à granulations amphophiles se transforment de leur côté, dans des conditions exceptionnelles, en érythrocytes. Quoi qu'il en soit, il semble bien que le jeune élément

---

(1) M. Romieu, *Archives de Morphologie gén. et exp.*, fasc. 17, 1923.

est ici un leucocyte modifié et non pas une cellule de la taille d'un lymphocyte tombé d'un organe hématopoiétique spécial. Goodrich (1898) a beaucoup insisté sur le fait curieux présenté par *G. siphonostoma* où les leucocytes vrais (peut-être était-ce des linocytes) sont chargés d'hémoglobine. D'autre part, Benham (1900) décrit les linocytes des Acanthrodrilides comme « a few clear, almost transparent and somewhat yellowish cells ».

Noyaux perforés. — Le noyau des érythrocytes présente fréquemment des indices de dégénérescence et, dans des préparations à l'aide du procédé de Regaud, on voit s'en détacher des grains de substance chromatique. En outre, un petit nombre d'érythrocytes possèdent un noyau curieusement perforé; mais ce phénomène paraît plutôt exceptionnel chez les Glycères, alors qu'il est général chez un petit sipunculien vivant parmi les tubes d'Hermelles (*Physcosoma*?).

Grands granulocytes. — Ils proviennent, d'après ce que j'ai vu, de la transformation des linocytes. Mais tandis que les leucocytes à fines granulations amphophiles sont des éléments actifs, les granulocytes à gros grains basophiles sont des formes dégénérées. Lentement ils se transforment en ces grands éléments à grains roussâtres qui constituent la majeure partie des amas de cellules mortes qu'on trouve auprès de la néphridie. Enfin, peut-être doit-on rattacher ici d'énormes leucocytes (70^{μ}) à noyau petit, dont le cytoplasme renferme, outre des granulations quelquefois verdâtres, de nombreux globules de graisse; ne sont-ce pas là plutôt de grands érythrocytes usés en pleine dégénérescence graisseuse et uratique?

Organes lymphoïdes. — Plusieurs cas se présentent; quelquefois, ces organes laissent échapper en abondance dans le cœlome des cellules à gros noyau entaillé qui ont les caractères des lymphocytes. Ce sont là les cellules-mères de tous les éléments figurés. Elles se multiplient activement dans le liquide cavitaire en produisant des groupes de quatre ou de huit dont les noyaux sont généralement en mitose avec de gros chromosomes. Ces petits éléments se séparent ensuite en conservant quelque temps encore un aspect de lymphocyte. La membrane du noyau est recouverte par une couche de cytoplasme homogène et basophile qui la fait paraître très épaisse. Tel est le cas des animaux chez lesquels les amas juxtanéphridiens sont considérables. Mais, chez d'autres individus, ces amas sont pour ainsi dire nuls; il y a peu ou point d'éléments lymphocytiformes libres dans le cœlome; alors fréquemment, les parapodes renferment un organe lymphoïde dont les éléments se sont transformés sur place en linocytes. Enfin, il arrive encore que beaucoup de linocytes libres sont en mitose et que les organes

lymphoïdes n'en renferment aucun. Ainsi les aspects sont variables d'un animal à un autre; ils le sont aussi parfois d'une région à une autre dans le même exemplaire. Une étude spéciale de l'activité de ces organes mériterait d'être entreprise, où l'on noterait soigneusement la période de l'année pendant laquelle les Glycères ont été récoltées.

Conclusions. — L'existence des linocytes en tant qu'espèce cellulaire est indiscutable; ils ne sont pas des érythrocytes altérés et leur appareil filamenteux ne représente nullement le filament marginal détaché et rétracté (*contra* Romieu); il n'existe, d'ailleurs, pas d'équivalent de la strie bordante dans les globules rouges des Glycériens. Par contre, l'endosome des érythrocytes renferme un chondriome important, très ressemblant à celui des érythrocytes de la Salamandre et des hématies primordiales de Poulet et qui avait passé inaperçu. L'observation des organes lymphoïdes montre de grandes variations dans leur contenu, dans leur production et l'on ignore tout du rythme de leur activité, ce qui complique encore l'étude de l'histogénèse mal connue des éléments du sang.

A $15^h 25^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 24 mars 1924.)

Note de MM. *V. Agafonoff* et *W. Vernadsky*, Le produit de la déshydratation du kaolin :

Page 1083, ligne 24, *au lieu de* bromoforme, *lire* iodure de méthylène.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Publications périodiques reçues pendant le premier trimestre 1924. (*Suite.*)

Annual report of the Director, United States Coast and Geodetic Survey to the Secretary of Commerce. Washington.
Annuario publicado pelo Observatorio nacional do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
Anthropologie. Paris.
Archives de médecine et pharmacie navales. Paris.
Archives néerlandaises de physiologie de l'homme et des animaux. La Haye.
Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles. La Haye.
Archiwum nauk biologicznych towarzystwa naukowego Warszawskiego. Lwow.
Association de documentation scientifique, industrielle et commerciale; Bulletin. Paris.
Astronomical Observatory of Harvard College (The). Cambridge, Mass.
Astronomie. Paris.
Atti della reale Accademia nazionale dei Lincei; Rendiconti. Roma.
Australian Science Abstracts. Sydney.

Banque de France. Assemblée générale des actionnaires. Paris.
Bergens Museum. Bergen.
Bibliographie scientifique française. Paris.
Boletin de la real Sociedad española de historia natural. Madrid.
Boletin oficial de marcas y patentes. Habana.
Bollettino delle publicazioni italiane. Firenze.
British (Terra nova) Antarctic Expedition 1910-1913. London.
Bulletin administratif du ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. Paris.
Bulletin bimestriel de la Société de topographie de France. Paris.
Bulletin de l'Académie de médecine. Paris.
Bulletin de l'Académie des sciences et lettres de Montpellier. Montpellier.
Bulletin de l'Académie royale de Belgique. Bruxelles.
Bulletin de l'association des naturalistes de la vallée du Loing. Moret.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 5 MAI 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Autoxydation et action antioxygène. Propriétés catalytiques des phénols iodés.* Note de MM. **Charles Moureu, Charles Dufraisse** et **Jacques Panier des Touches.**

I. Il a été établi antérieurement, par des expériences exécutées sur un grand nombre de substances autoxydables, que les corps phénoliques, d'une part, l'iode et ses composés, d'autre part, jouissaient, d'une manière générale, de propriétés catalytiques remarquables dans les phénomènes d'autoxydation (1). Le fait de retrouver une propriété aussi spéciale chez des corps aussi dissemblables est assurément fort curieux; nous rappellerons qu'il a pu être prévu par une hypothèse très simple sur le mécanisme de l'action antioxygène (2). Il était intéressant de rechercher comment deux actions d'origine si différente pourraient s'exercer simultanément. Y aurait-il une perturbation ? De quel genre et de quelle importance serait-elle?

(1) Ch. Moureu et Ch. Dufraisse, *Sur l'autoxydation; les antioxygènes* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 258). — *Sur l'autoxydation; le pouvoir antioxygène: phénomènes divers se rapportant à l'action antioxygène* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 127). — *Autoxydation et action antioxygène; propriétés catalytiques de l'iode et de ses composés* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 797). — *Autoxydation et action antioxygène; propriétés catalytiques de l'iode et de ses composés; généralisation du phénomène* (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 824).

(2) Ch. Moureu et Ch. Dufraisse, *Sur l'autoxydation: essai sur le mécanisme de l'action antioxygène* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 624).

Nous avons ainsi été conduits à étudier des substances à la fois phénoliques et iodées. Nos essais ont été limités à des cas où l'iode se trouvait sur la même molécule que la fonction phénol et dans le même noyau, et à un autre où un composé iodé était mélangé à un composé phénolique, les deux substances étant choisies parmi celles qui s'étaient séparément montrées le plus actives.

II. Comme dans beaucoup d'expériences antérieures, et pour les mêmes raisons, c'est surtout à l'acroléine que nous avons opposé nos catalyseurs. Nous parlerons d'abord de cette série d'essais.

Les phénols iodés suivants ont été mis en œuvre (la position 1 est occupée par un oxhydryle phénolique) : iodophénol 1.2, diiodophénol 1.2.6, diiodophénol 1.3.4, triiodophénol 1.2.4.6, diiodo-2.6-hydroquinone [1]. En vue de déterminer, en outre, l'influence propre de l'iode sur le noyau, en dehors de celle de la fonction phénol elle-même, nous avons expérimenté aussi sur une molécule où la fonction phénol était bloquée à l'état d'éther méthylique, l'éther diméthylique de la monoiodohydroquinone [2]. A titre de comparaison, on a également fait des essais avec le même corps non iodé (éther diméthylique de l'hydroquinone ou paradiméthoxybenzène).

a. Partant du phénol ordinaire, plaçons, par rapport à l'oxhydryle, un atome d'iode dans la position ortho, que nous savons être favorable à l'exaltation de la propriété catalytique; examinons l'effet produit, et, pour mieux l'apprécier, comparons-le avec l'action exaltante, sur l'activité de la fonction phénolique, que donne l'introduction, également en position ortho, sur le même phénol, d'une seconde fonction phénolique. Les courbes ci-contre traduisent les résultats observés.

On voit que l'addition d'iode, non seulement n'a pas exalté l'activité du phénol, d'ailleurs faible, mais semblerait même l'avoir diminuée. Toutefois, si l'on considère les concentrations moléculaires (et non les concentrations brutes, marquées sur les courbes), on trouve qu'à égalité de concentration moléculaire le phénol et l'orthoiodophénol ont à peu près la même activité. On en déduit, pour le moins, que la présence de l'iode n'influe pas d'une

---

(1) Nous tenons à remercier ici M. Brenans, qui a obligeamment mis plusieurs produits à notre disposition.

(2) Ce composé n'avait pas encore été décrit; nous l'avons obtenu au cours d'un travail où ont été préparés différents dérivés de l'hydroquinone, dont les propriétés catalytiques ont été également étudiées. Les essais d'obtention de la monoiodohydroquinone n'ont pas encore abouti.

façon appréciable sur l'activité de la fonction phénol. Comme, d'autre part, l'iode fixé sur le noyau, à en juger par le graphique relatif à l'iodobenzène, est lui-même fort peu actif, on doit admettre que la fonction phénolique et

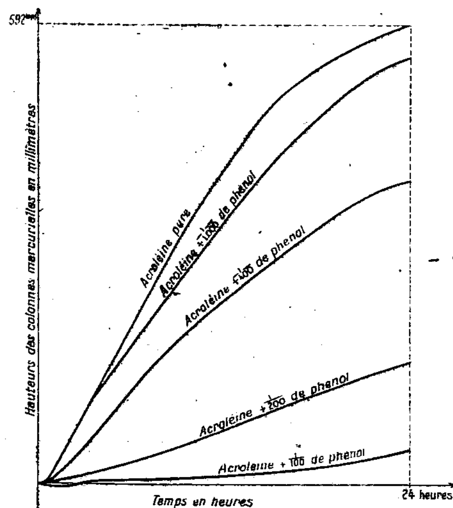


Fig. 1.

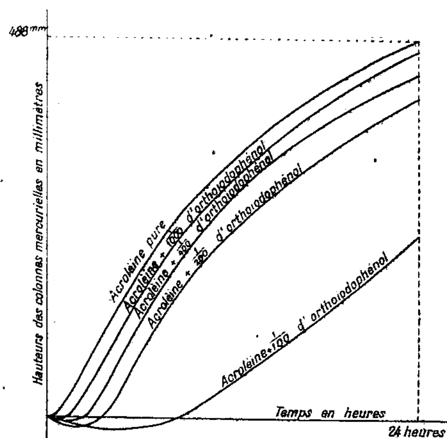


Fig. 2.

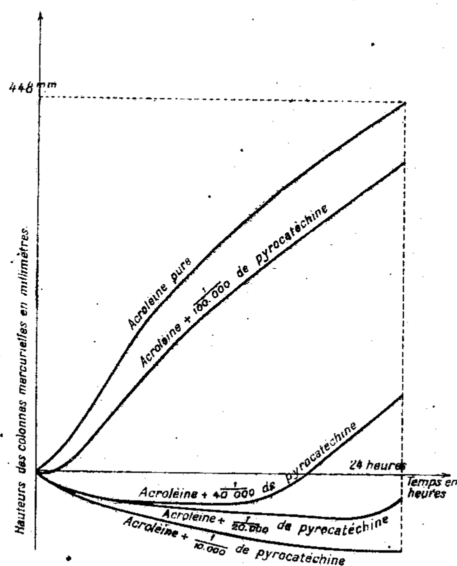


Fig. 3.

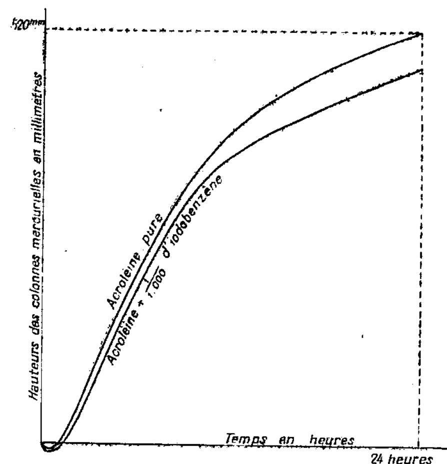


Fig. 4.

l'iode ne s'influencent pas mutuellement et agissent, au contraire, indépendamment l'une de l'autre. Le fait ressort d'une manière particulièrement frappante si l'on compare l'action exaltante considérable que l'on observe

quand on substitue à l'atome d'iode un second oxhydryle phénolique (pyrocatéchine) : ici, le coefficient d'exaltation est au moins égal à 200 ([1]).

b. On trouve des résultats analogues pour l'ensemble des phénols iodés.

Le diiodophénol 1.2.6 et le diiodophénol 1.3.4 sont un peu plus actifs que le phénol ordinaire, le second étant moins actif que le premier. Le triiodophénol 1.2.4.6 a sensiblement la même activité que l'orthoiodophénol.

Comme on le voit, l'accumulation d'atomes d'iode autour de la fonction phénolique n'exerce qu'une influence faible sur l'activité de cette fonction.

En appliquant la même étude au cas de la diiodohydroquinone 1.2.4.6, on constate qu'à poids égaux cette substance est moins active que l'hydroquinone. Mais on calcule aisément que l'activité est sensiblement égale à celle de la quantité d'hydroquinone correspondante. En d'autres termes, à concentrations moléculaires égales, l'activité des deux substances est la même. Les choses se passent donc encore ici comme pour le phénol ordi-

---

([1]) Il nous est impossible de savoir si les deux actions (celle de l'iode et celle de l'oxhydryle phénolique dans l'orthoiodophénol) s'ajoutent sans se contrarier plus ou moins, attendu que les différences entre les résultats observés avec l'iodophénol et ceux que l'on calculerait en supposant la superposition des effets sont de l'ordre des écarts que l'on constate d'une expérience à l'autre pour un même corps. Ceci tient à ce que le témoin lui-même (acroléine pure), bien qu'il ait toujours été préparé dans des conditions aussi analogues que possible et malgré les précautions de toutes sortes que nous prenons, s'oxyde, dans des expériences où les conditions nous semblent parfaitement identiques, avec des vitesses pouvant varier du simple au double, et même davantage. C'est, du reste, la raison pour laquelle nous avons toujours soin, dans chaque essai, de juxtaposer un témoin aux échantillons additionnés de réactifs catalyseurs. Et encore observons-nous parfois des anomalies accidentelles; nous les rectifions, d'ailleurs, en opérant sur des séries de dilutions qui font apparaître immédiatement le résultat anormal. Nous avons résolu, dans ces conditions, par mesure de prudence, de ne pas tenir compte des différences d'actions retardatrices si le coefficient trouvé n'est pas au moins égal à 2. Mais, par contre, si l'on peut comparer les actions dans une même série d'expériences comportant un témoin unique, l'approximation est beaucoup plus grande, surtout quand on compare des séries de dilutions de chaque réactif catalyseur, ce qui permet d'écarter les observations aberrantes. Cette technique eût été très délicate à employer ici, en raison de la volatilité des catalyseurs.

Nous sommes donc en mesure d'affirmer que l'iode ne produit pas sur l'activité de la fonction phénolique d'action exaltante ou d'action antagoniste ayant un coefficient supérieur à 2 : il semble qu'il y ait une légère action antagoniste, mais elle est trop faible pour que, dans l'état actuel de précision de nos déterminations, nous puissions en tenir compte.

naire : l'iode n'exerce aucune action exaltante, et il ne semble pas qu'il y ait non plus d'action empêchante bien marquée.

Quant à l'éther diméthylique de la monoiodohydroquinone (iodoparadiméthoxybenzène), on n'observe pas d'action sensiblement différente de celle de l'éther diméthylique de l'hydroquinone lui-même (paradiméthoxybenzène) : d'abord, action retardatrice très faible, puis accélération assez nette; aux faibles concentrations, la phase d'accélération est la seule observée.

c. Enfin en étudiant le mélange à poids égaux d'hydroquinone et d'iodhydrate de méthylamine, substances l'une et l'autre très actives, et d'activités sensiblement égales, la concentration du mélange étant de $\frac{1}{10000}$, on observe qu'il se comporte à peu près comme la quantité d'hydroquinone qu'il contient. Il semblerait donc que l'activité ait diminué de moitié, soit que l'un des deux catalyseurs subisse une neutralisation, soit que l'action de chacun d'eux ait été abaissée. Pour la même raison que celle que nous avons expliquée ci-dessus (en note), nous ne croyons pas devoir conclure, le coefficient de retardement observé étant trop faible.

III. Les différents résultats qui précèdent se rapportent au cas de l'acroléine. Ceux que nous avons observés avec l'aldéhyde butylique normal et avec l'aldéhyde isovalérique, opposés à la diiodohydroquinone 1.2.4.6, sont analogues. Et ils nous permettent de conclure que, dans la limite des écarts dont nous pouvons faire état, il n'y a ni exaltation ni diminution de l'activité antioxygène de la fonction phénolique sous l'influence d'atomes d'iode.

En résumé, si les actions propres de la fonction phénolique et de l'iode ne s'exaltent pas réciproquement, elles ne semblent pas non plus se gêner. Et le fait est en accord avec la supposition que nous avons faite que les phénols et les composés iodés agissent comme antioxygènes selon le même mécanisme.

MÉDECINE. — *Sur une suppuration urinaire amicrobienne, non tuberculeuse.* Note de M. **P. Bazy**.

En clinique, quand on se trouve en présence d'une suppuration urinaire avec ou sans phénomènes réactionnels du côté de la vessie, survenue sans raison apparente; quand, de plus, un examen microscopique de cette urine fait par un laboratoire réputé compétent, et fait avec persévérance et minutie, n'a pas permis de constater l'existence de microbes, quand les cultures sur milieux appropriés sont restées négatives, il est de règle que l'on

conclut au diagnostic de tuberculose urinaire, ou mieux de tuberculose rénale, la tuberculose urinaire débutant, on peut dire toujours, par le rein.

Cependant, cette règle peut comporter des exceptions, au moins une exception, que je résumerai brièvement.

Une femme de 24 ans vient me consulter au début de juin dernier pour des accidents urinaires : envies fréquentes d'uriner, douleurs terminales de la miction, hématuries terminales, urines troubles, ayant débuté près de deux mois auparavant sans raison apparente; ces symptômes, peu accentués au début, étaient devenus intenses; elle avait été traitée presque inutilement par de l'huile goménolée, des cachets de bleu de méthylène et des instillations de protargol qui ne l'avaient que soulagée, assez cependant pour lui permettre de se lever, car elle avait été obligée de rester couchée jusque-là.

Son apparence un peu chétive, un état général souffreteux, m'avaient fait penser, à cause des conditions étiologiques mal définies de son mal, à la tuberculose urinaire, et en particulier, à la tuberculose rénale. Ce diagnostic avait été en quelque sorte corroboré par les résultats de l'examen microscopique et des cultures en milieux appropriés. Ces résultats, en effet, obtenus dans un laboratoire réputé compétent, avaient été négatifs et l'urine était purulente, l'examen histologique y avait révélé « de nombreux leucocytes polynucléaires altérés formant de vastes agglomérations, et assez nombreuses hématies »; une première tentative de cystoscopie et de cathétérisme urétical avait été négative, la vessie irritée et révoltée ne voulait recevoir qu'une vingtaine de centimètres cubes de liquide : dès que cette quantité était entrée, elle se révoltait et saignait.

Devant l'importance d'un diagnostic précis, les reins étant silencieux et ne donnant lieu à aucun symptôme, je proposai et l'on accepta un examen sous anesthésie générale. Sous l'influence de cette anesthésie, je pus examiner la vessie et la vis rouge, congestionnée avec un large placard transversal ecchymotique occupant le bas-fond vésical et la région des orifices urétéraux qu'il me fut, par suite, impossible de voir et de cathétériser. En attendant, j'avais fait inoculer un cobaye.

J'ordonnai un traitement à l'huile goménolée, fait tous les jours.

Au bout de 6 semaines, le cobaye sacrifié ne présentait aucune trace de tuberculose.

Croyant à une erreur, je demandai une nouvelle inoculation qui fut faite à deux cobayes et l'on continua l'usage de l'huile goménolée qui n'avait donné, jusque-là, que de faibles résultats.

Peu à peu, ces accidents vésicaux s'amendèrent, et vers la mi-août, un peu plus de 2 mois après la première visite et mon premier examen, la mère de ma malade m'écrivait que sa fille était tout à fait bien, que les fréquences, les douleurs des mictions avaient disparu, que l'urine était limpide : ce que je vérifiai en effet. Les cobayes inoculés ne furent sacrifiés que 2 mois et demi après l'inoculation ; ils avaient augmenté de poids et ne présentaient aucune trace de lésions tuberculeuses.

Toute idée de tuberculose devait donc être écartée et doit être écartée : car cette jeune femme continue à se bien porter.

La conclusion qui me paraît se dégager de cette observation, c'est que quand une urine a pu être, par un laboratoire compétent, déclarée amicrobienne du fait d'un examen microscopique minutieux et prolongé, il ne faut pas se hâter de conclure à la tuberculose urinaire, quelque probable au reste que soit ce diagnostic : il faut le contrôle de l'inoculation aux cobayes ; car l'évolution de la tuberculose permet, sans danger pour les malades, d'attendre l'échéance des inoculations — et la chose en vaut la peine.

Je ne veux pas ici envisager toutes les hypothèses qui peuvent être faites sur l'absence de microbes dans une urine purulente. Qu'il me suffise de dire que, dans les conditions habituelles et normales de la clinique et du laboratoire, il ne suffit pas qu'une urine purulente soit déclarée amicrobienne pour qu'on soit en droit de conclure à l'existence d'une tuberculose urinaire. Il faut y ajouter le contrôle indispensable de l'inoculation aux cobayes.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique des chaînons les plus externes des Alpes, entre Chabrières et Moustiers-Sainte-Marie (Basses-Alpes), et sur les faciès des terrains qui les constituent.* Note de MM. **W. Kilian** et **Antonin Lanquine.**

Des recherches antérieures dans les régions situées à l'est et au sud-ouest de Castellane, dont nous avons publié les principaux résultats en 1915 et 1916 (¹), ont mis en évidence le rôle qu'ont joué les dislocations alpines en se superposant aux mouvements provençaux de direction différente. Ces « reprises » alpines affectaient à la fois, comme nos observations l'ont montré, des séries à faciès alpin (bathyal) et des séries à faciès mixte ou

(¹) Cf. W. Kilian et Antonin Lanquine, *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 93 et p. 165 ; *Ann. Univers. Grenoble*, t. 28, n° 1, 1916, p. 1-12, 2 figures.

provençal, en particulier dans les accidents compliqués des environs de Castellane.

De récentes études que nous avons effectuées au nord du moyen Verdon, dans les chaînons compris entre la vallée de l'Asse, à Chabrières, et le village de Moustiers-Sainte-Marie, nous ont permis de faire les constatations suivantes :

1° Des environs de Trévans jusqu'à Majastres, une première coupe, dirigée W-E, montre tout d'abord, sur les conglomérats pontiens à galets impressionnés, nettement retroussés et formant une charnière synclinale dans le ravin au sud de Trévans, le refoulement d'une barre rocheuse de calcaires jurassiques. Une gorge torrentielle entaille ces calcaires et traverse trois anticlinaux couchés vers l'Ouest, de direction sensiblement N-S. Le plus oriental de ces plis est précédé par un synclinal de calcaires marneux éocrétacés à *Toxaster* et à *Pholadomya elongata* Münst. Ces anticlinaux comprennent des terrains dont les caractères sont nettement provençaux : Lias calcaréo-siliceux, absence des marnes grises oxfordiennes; Argovien grumeleux gris clair, du type de Chabrières ([1]); Calcaires Blancs du Jurassique supérieur, avec quelques silex et des parties dolomitiques vers la base; Hauterivien à *Toxaster* et Lamellibranches. Certains bancs se montrent extrêmement broyés.

A l'est de ce troisième anticlinal très aigu qui dresse, dans la gorge, son dôme calcaire isolé par l'érosion, les assises néocomiennes sont chevauchées par une autre série jurassique (Rhétien, Lias et Dogger réduits, calcaires argoviens, Calcaires Blancs) avec du Trias supérieur à la base (marnes et cargneules rougeâtres avec gypse). Viennent ensuite, sur ce flanc incliné vers l'Est, des calcaires stratifiés sublithographiques, qui contiennent *Hoplites* (*Berriasella*) *Chaperi* Pict. sp. et *Malbosi* Pict. sp., puis une grande épaisseur de marno-calcaires néocomiens dans lesquels se montre, au sommet, une intercalation glauconieuse à *Desmoceras* (Barrémien).

On traverse ensuite les divers dépôts tertiaires de la dépression de Majastres : marnes grises compactes, conglomérats ([2]) et mollasse rouge oligocènes; mollasse grise et calcaires marneux miocènes d'origine saumâtre, dans lesquels M. Zurcher a jadis signalé de beaux exemplaires de *Cerithium tricinctum* Duj. (= *C. papaveraceum* Bast.).

Au village de Majastres, cet ensemble tertiaire est chevauché par une nouvelle série secondaire qui comprend, de l'Ouest à l'Est, les termes suivants : une lame de Trias (cargneules et gypse); le Rhétien épais de 25^{m} à 30^{m}; un complexe Lias-Oolithique inférieur, très réduit, laminé, avec des parties extrêmement broyées; un Argovien à *Sowerbyceras tortisulcatum* d'Orb. sp., surmonté par les Calcaires Blancs reployés

---

([1]) Ce faciès de l'Argovien ne peut, *à lui seul*, constituer un criterium des séries du type provençal (A. L.).

([2]) Poudingues à galets impressionnés (formés par des calcaires liasiques, des Calcaires Blancs, des calcaires gréseux à grains glauconieux et à *Orbitolina* (*Patellina*) *concava* Lmk. du Cénomanien).

en anticlinal. Des zones broyées et des surfaces de friction se montrent sur le côté oriental, puis vient un nouveau synclinal de calcaires marneux néocomiens.

2° Une seconde coupe, toujours dirigée W-E, prise cette fois plus au Sud, dans les environs de Saint-Jurs, en remontant le ravin de Saint-Georges situé au nord de ce village, permet d'observer des faits analogues aux précédents.

Les poudingues et marnes pontiens, dont l'allure est tranquille vers l'Ouest, se montrent subitement redressés, et même ployés en un genou très net, le long d'un contact anormal qui amène sur les formations néogènes une lame, faiblement inclinée vers l'Est, de Trias supérieur (marnes noirâtres, gypse et cargneules).

Ce Trias est séparé d'une masse surplombante de Néocomien plissé par une zone de broyage à éléments calcaires éocrétacés. Deux anticlinaux de Calcaires Blancs se montrent enveloppés par les marno-calcaires néocomiens. On voit, dans le plus occidental, un mince noyau triasique, près du fond du ravin et, sur le flanc est du plus oriental, des assises éocrétacées qui continuent, en direction, celles coupées par la route de Trévans à Majastres.

Tout cet ensemble, refoulé sur le Pontien, est déversé vers l'Ouest.

Le chevauchement s'accentue dans le village de Saint-Jurs même. Là, une véritable *masse de recouvrement*, formée par un ensemble de calcaires jurassiques broyés, avec un noyau anticlinal triasique, surmonte les assises pontiennes, suivant une surface très légèrement inclinée vers l'Est.

3° Une troisième coupe, enfin, complète les deux précédentes par l'apparition d'une *lame de charriage* comprise entre deux surfaces de contact anormal toujours très inclinées vers l'Est. Cette lame, que nous avons observée près du hameau de la Croix, présente, de l'Ouest à l'Est, la succession suivante, au-dessus des poudingues pontiens (qui continuent ceux du village de Trévans) : marnes blanches oligocènes; calcaire lacustre bréchoïde lutétien à *Planorbis pseudo-ammonius* Schloth. et *Helix declivis* Sandb., marnes rouges et grises oligocènes ; calcaires cénomaniens à *Exogyra columba* Desh. et *Orbitolina* (*Patellina*) *concava* Lmk ; calcaires marneux éocrétacés, calcaires massifs du Jurassique supérieur. Cette série, dont tous les termes sont renversés et couchés vers l'Ouest, est en contact à l'Est avec le Trias de la chaîne bordière.

Dans toute la région étudiée ci-dessus, M. Zurcher a autrefois distingué une série de « faisceaux de plis ». Les observations que nous avons récemment faites et dont nous venons de résumer quelques traits caractéristiques nous conduisent à considérer ces « faisceaux » serrés comme des bords frontaux de plis couchés, plus ou moins étirés, refoulés vers l'extérieur des chaînes subalpines. Dans ces bandes, dirigées N-S aux environs de Trévans et de Saint-Jurs, prédominent des *terrains à faciès provençal* qu'on peut suivre d'ailleurs jusqu'à Rougon, au delà de Moustiers-Sainte-Marie. On y constate aussi l'existence de nombreuses zones de broyage fréquemment intense qui intéressent les diverses assises du Jurassique et du Crétacé inférieur. On remarque également, dans cet ensemble, des surfaces de chevauchement très nettes, se succédant de l'Ouest à l'Est, et isolant des lames anticlinales

de Trias et des synclinaux de Crétacé dont l'un contient du Lutétien lacustre.

Toute la masse ainsi constituée est *poussée*, *en superposition anormale*, sur l'épaisse série des conglomérats pontiens de Riez-Valensole. Ces derniers sont constamment retroussés dans le contact et même ployés en « genoux » particulièrement nets au sud de Trévans, le long du torrent de l'Estoublaisse, et au nord de Saint-Jurs.

La surface de charriage la plus élevée de cet ensemble se poursuit au nord de l'Asse, sous le chevauchement de la série des Dourbes. Quant à la plus inférieure, celle de Saint-Jurs, elle se retrouve au nord du Col de la Croix, où elle disparaît sous le Trias du sud de Beynes qui forme la base de l'écaille suivante, plus interne.

Les collines crétacées de Beynes, Châteauredon, les Courtiers, dont les divers termes présentent un faciès provençal très net, forment avec le Jurassique de la clue de Chabrières, la série tectonique la plus inférieure de la région qui s'enfonce sous les bandes précédentes. On peut considérer que cette série (autochtone ou, au moins, subautochtone) constitue, sous le Miocène transgressif, la réapparition des couches mésozoïques de même faciès de la région du bas Verdon.

Il importe maintenant d'exposer brièvement les conclusions auxquelles nous aboutissons au sujet de l'âge de ces dislocations :

a. Les derniers mouvements qui ont affecté la région observée sont nettement *postérieurs au Pontien*, ainsi qu'en témoignent les plis en « genou » constatés dans les poudingues à galets impressionnés de Riez-Valensole, sous les chevauchements alpins les plus récents.

b. Au-dessus de ces couches pontiennes retroussées, on observe le bord frontal d'un complexe de plis serrés qui contiennent des anticlinaux de Trias supérieur, du Jurassique souvent broyé, de l'Éocrétacé et du Cénomanien également broyés. Ces plis, couchés vers l'Ouest, à flancs inverses plus ou moins étirés, intéressent des séries à faciès provençal. Dans l'un d'eux, se montre du Lutétien lacustre et de l'Oligocène lacustre, qui différencient cette région de celle de Barrême et de Castellane où se rencontrent des couches éogènes marines. *Dès la fin du Crétacé*, la région Trévans-Saint-Jurs a donc subi une *émersion importante* et prolongée. De plus, à l'est des bandes étudiées, les grands plis couchés qu'on rencontre contiennent des terrains secondaires à faciès alpin prédominant.

Il est probable, selon nous, que des mouvements provençaux de direction générale W-E, ont affecté tout d'abord [comme plus au SW, près de Vinon et de Mirabeau (W. K.) les terrains de faciès provençal actuellement compris

dans les bandes et les lames de charriage qui nous occupent. Cette orogénie (antéaquitanienne) a dû former, dans la région, de véritables nappes ([1]) dont les charnières frontales ont été « reprises » ensuite et *en partie déviées* par les mouvements alpins miocènes de direction générale NNW-SSE.

c. Enfin, les mouvements alpins post-pontiens ont accentué cette *déviation*, donnant une direction nettement N-S aux bandes que nous avons étudiées. En outre, ces dernières dislocations ont multiplié les zones de broyage si fréquentes dans les séries énumérées.

Mais le phénomène initial des nappes provençales est, presque partout, masqué par la complexité de ces répercussions alpines successives qui ont entraîné des charriages vers l'Ouest. Cependant, un témoignage des premiers mouvements pyrénéo-provençaux subsiste : c'est la direction WSW-ENE, conservée par la série subautochtone plissée que traverse l'Asse, en aval de Chabrières.

Les changements de direction qui ont modifié l'allure première des nappes et des « écailles » pyrénéo-provençales, surtout dans leurs parties frontales, n'ont d'ailleurs pas un caractère constant. Tantôt ces modifications seront très importantes : elles donneront une direction nettement alpine, exagérée encore par les dislocations post-pontiennes, à des chaînons d'origine et de faciès provençaux. Tantôt, la direction provençale des accidents sera faiblement modifiée, quoique les répercussions alpines soient très apparentes. On pourrait même constater que des plis postburdigaliens ont conservé, jusqu'à la latitude de Die, la direction W-E (axe Ventoux-Lure et chaînes des Baronnies, par exemple) ([2]).

Résumons, en dernier lieu, les observations essentielles que nous avons faites sur les faciès des terrains qui forment les chaînons considérés. Le caractère *provençal* des séries en question est indiqué :

Pour le Crétacé, par l'extrême réduction ou l'absence des calcaires marneux du Valanginien inférieur (Berriasien); par un Éocrétacé à *Toxaster*, à *Exogyra Couloni* Defr. sp. et Lamellibranches associés à des Ammonites;

([1]) Ces « écailles » antémiocènes représentent des *accidents extérieurs* de la zone de plissement provençale, eux-mêmes chevauchés au SSE par des nappes provençales *plus internes*, d'origine plus méridionale encore, comme l'un de nous l'a indiqué dans un *Essai de synthèse tectonique de la Provence*, dès 1905 (*Bull. Serv. Carte géol.*, t. **16**, n° **40**).

([2]) C'est, croyons-nous, au mécanisme complexe que nous venons d'indiquer qu'est due la position énigmatique des lambeaux de Trias connus sous le nom d'*horizon de Suzette*, au nord du Ventoux.

par l'absence de marnes noires aptiennes; par un Albien formé de marnes noires chargées de glauconie; par un Cénomanien à *Exogyra columba* Desh. et *Patellina concava* Lmk.;

Pour le Jurassique, par les calcaires gréseux roux du Rhétien et du Lias; par l'absence de marnes grises oxfordiennes; par l'Argovien blanc grisâtre; par l'aspect massif et uniforme des Calcaires Blancs du Jurassique supérieur, contenant quelques silex blonds et des dolomies à la partie inférieure.

Ces faciès se montrent à l'ouest d'une démarcation N-S jalonnée par les points : Chabrières, Creisset, col du Portail de Blieux. A l'est de cette ligne, prédominent les faciès alpins, dont certains présentent un caractère nettement bathyal.

M. **E.-L. Bouvier** fait hommage à l'Académie d'un ouvrage de M. E. Séguy : *Les Moustiques de l'Afrique mineure, de l'Égypte et de la Syrie*, pour lequel il a écrit une *Préface*.

ÉLECTIONS.

Par 44 voix contre 2 à M. *Paul Pelseneer* et 1 à M. *Ed. Bugnion*, M. **Edmund Beecher Wilson** est élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, en remplacement de M. *Loeb*, décédé.

NOMINATIONS.

MM. **A. Lacroix**, **Ch. Barrois** et **É. Haug** sont désignés pour représenter l'Académie à la célébration du cinquantenaire de la Société géologique de Belgique, qui aura lieu à Liége, du 27 au 31 juillet prochain.

MM. **É. Picard**, **P. Appell** et **P. Painlevé** sont désignés pour représenter l'Académie à la célébration du cinquantenaire de la Société mathématique de France, qui aura lieu à Paris, du 22 au 24 mai.

MM. **George E. Hale** et **Albert A. Michelson**, Associés étrangers, sont désignés pour représenter l'Académie aux fêtes du centenaire de la fondation du *Franklin Institute*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Guerre** prie M. le Président de l'Académie de vouloir bien accepter de compter parmi les membres du Comité d'honneur du troisième *Congrès international de Médecine et de Pharmacie militaires*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

M. Piéry et M. Milhaud. *Les eaux minérales radioactives*. (Présenté par M. Ch. Moureu.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *L'intégrale de Poisson dans le domaine complexe.* Note de M. **A. Angelesco**, présentée par M. Appell.

Considérons l'intégrale de Poisson

$$\text{(1)} \qquad I = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{(1-r^2)f(a+\theta)}{1-2r\cos\theta+r^2}\,d\theta,$$

a et r étant des quantités complexes et proposons-nous de trouver la limite de cette intégrale lorsque le point r tend vers le point A(1, 0) en suivant un *chemin quelconque* aboutissant au point A, chemin situé à l'intérieur du cercle C ayant pour centre l'origine des coordonnées O et pour rayon OA = 1. La fonction $f(a+z)$ est supposée continue et périodique, de période 2π, pour toutes les valeurs réelles de la variable z et, de plus, holomorphe pour z situé à l'intérieur d'un domaine D que nous déterminerons dans la suite.

Commençons par démontrer que

$$\text{(2)} \qquad \lim_{r \to A} \int_\varepsilon^{2\pi-\varepsilon} \frac{(1-r^2)f(a+\theta)}{1-2r\cos\theta+r^2}\,d\theta = 0,$$

ε étant un nombre positif donné inférieur à π, mais qui peut être pris aussi petit que l'on veut. Désignons par P et P′ les points $e^{i\varepsilon}$ et $e^{-i\varepsilon}$ du cercle C, par Q et Q′ les intersections de l'arc P′AP avec les cercles de centres B

et B′ et de rayon $\frac{BB'}{2}$ et par R le point commun de ces deux cercles. De l'égalité

$$1 - 2r\cos\theta + r^2 = (r - e^{i\theta})(r - e^{-i\theta}),$$

il résulte que, pour tout point r situé à l'intérieur du triangle curviligne RQQ′ formé par les trois arcs de cercle RQ, QQ′, Q′R, on a, pour θ dans l'intervalle $(\varepsilon, 2\pi - \varepsilon)$,

$$|1 - 2r\cos\theta + r^2| > \sin^2\varepsilon.$$

Par suite en désignant par M le maximum du module de $f(a+\theta)$, nous aurons

$$\left|\int_{\varepsilon}^{2\pi-\varepsilon} \frac{(1-r^2)f(a+\theta)}{1-2r\cos\theta+r^2}\,d\theta\right| < |1-r^2|\frac{2\pi M}{\sin^2\varepsilon},$$

d'où immédiatement l'égalité (2).

La limite de l'intégrale (1) est donc la même que celle de l'intégrale

$$J = \frac{1}{2\pi}\int_{-\varepsilon}^{\varepsilon} \frac{(1-r^2)f(a+\theta)}{1-2r\cos\theta+r^2}\,d\theta.$$

En faisant dans cette intégrale le changement $z = e^{i\theta}$, nous aurons

$$J = \frac{1}{2\pi i}\int_{\text{arc P'AP}} \frac{(1-r^2)f\left(a+\frac{\text{Log}\,z}{i}\right)}{(z-r)(1-rz)}\,dz.$$

Considérons le demi-cercle, ayant l'origine O pour centre et ε pour rayon, situé au-dessus de l'axe réel. Nous prendrons ce demi-cercle pour domaine D, donc la fonction $f(a+z)$ est holomorphe pour z situé à l'intérieur et sur le contour de ce domaine. A un point v de ce domaine faisons correspondre le point z par la relation $z = e^{iv}$. Au domaine D correspondra un domaine D_1 limité par l'arc de cercle P′AP et par un arc de courbe PUP′ situé à l'intérieur du cercle C. Le point r étant à l'intérieur du domaine D_1, la fonction de la variable z

$$\frac{1}{1-rz}f\left(a+\frac{\text{Log}\,z}{i}\right)$$

est holomorphe à l'intérieur de ce domaine et l'application de l'intégrale de Cauchy nous donne

$$(3) \qquad J = \frac{1}{2\pi i}\int_{\text{PUP}'} \frac{(1-r^2)f\left(a+\frac{\text{Log}\,z}{i}\right)}{(z-r)(1-rz)}\,dz + f\left(a+\frac{\text{Log}\,r}{i}\right).$$

Pour r suffisamment près du point A, le module de la fonction

$$\frac{f\left(a+\frac{\operatorname{Log} z}{i}\right)}{(z-r)(1-z)}$$

est borné supérieurement lorsque z se déplace sur l'arc de courbe PUP' et, par suite, de l'égalité (3),

$$\lim_{r \to A} J = f(a).$$

Donc, finalement, la limite de l'intégrale (1),

$$\lim_{r \to A} I = f(a).$$

Le domaine D peut être pris aussi petit que l'on veut, en prenant ε suffisamment petit.

Remarque. — Supposons la fonction $f(a+z)$ holomorphe pour z situé dans un domaine D limité par l'axe réel et par la demi-circonférence, située au-dessous de cet axe, de centre O et de rayon ε. En faisant tendre le point r vers le point A en suivant un chemin extérieur au cercle C, on voit, de même, que

$$\lim_{r \to A} I = -f(a).$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *La notion de dimension dans les champs fonctionnels*. Note de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. Hadamard.

1. Nous avons autrefois démontré [1] que tout ensemble *dénombrable* de points d'un espace R_n à un nombre entier, n, de dimensions est homéomorphe d'un ensemble linéaire (nécessairement dénombrable).

Cette proposition peut être étendue aux ensembles *dénombrables* d'éléments appartenant à des *espaces beaucoup plus généraux*. Elle s'étend, en particulier, aux champs fonctionnels si importants en Analyse qu'on peut donner comme exemples de classes ($\mathcal{D}$) séparables : champ des fonctions entières continues, des fonctions mesurables, etc.

D'une façon générale : *tout ensemble dénombrable* N *d'éléments d'une*

---

(1) *Les dimensions d'un ensemble abstrait* (*Math. Annalen*, Bd 68, 1910, p. 151-152).

classe (D) *séparable* (1) *est homéormophe d'un ensemble linéaire* (nécessairement dénombrable).

2. Pour le démontrer, on commence par ramener le cas général à un cas particulier. Partons du fait que toute classe (D) séparable (2) est homéomorphe d'une partie d'un certain espace à une infinité de coordonnées que nous appellerons E_ω (2). Dans cette correspondance, l'ensemble N est homéomorphe d'un ensemble N_1 de points de E_ω. En effectuant ensuite sur N_1 une translation convenable, N_1 peut être amené dans une position M où toutes les coordonnées sont irrationnelles. Il suffit alors de démontrer qu'un sous-ensemble dénombrable de l'ensemble H_ω des points de E_ω dont toutes les coordonnées sont irrationnelles est homéomorphe d'un ensemble linéaire. Or, ceci est une conséquence du théorème plus précis que nous allons énoncer et qui a son intérêt propre.

3. Nous avions considéré dans le premier Mémoire cité les ensembles H_n et C_n des points d'un espace R_n à un nombre entier, n, de dimensions, dont les coordonnées sont toutes irrationnelles pour H_n, rationnelles pour C_n. On définit de façon analogue les ensembles H_ω et C_ω de E_ω (3). Nous avions démontré dans ce Mémoire que H_n et C_n sont respectivement homéomorphes des ensembles linéaires H_1 et C_1. Que se passe-t-il si l'on remplace n par ω?

Il est manifeste que C_1 qui est dénombrable n'est plus homéomorphe de C_ω qui ne l'est pas (3). Il est intéressant de noter qu'au contraire H_ω comme H_n est homéomorphe de H_1.

Pour le montrer, on effectue sur chaque coordonnée d'un point de H_ω comme sur l'abscisse d'un point de H_1 une transformation biunivoque et bicontinue convenable et l'on montre ainsi que H_ω et H_1 sont respectivement homéomorphes des parties J_ω de H_ω et J_1 de H_1 où les coordonnées sont > 0 et < 1. Les coordonnées des points de J_ω et J_1 sont alors développables en fractions continues illimitées sans partie entière. Il suffit pour établir entre un point X de J_ω et un point x de J_1 une corres-

(1) Une classe (D) est une classe où la limite est définie par l'intermédiaire d'une distance. Une classe est séparable s'il existe un ensemble dénombrable d'éléments de la classe tel que la classe soit formée de cet ensemble et de son ensemble dérivé. Les espaces d'un nombre entier de dimensions sont des classes (D) séparables. Mais il en est de même des espaces les plus importants à une infinité de dimensions.

(2) L'espace E_ω est celui où chaque point X étant défini par une suite infinie de coordonnées $x_1, x_2, \ldots, x_m, \ldots$, une suite de points $X^{(1)}, X^{(2)}, \ldots, X^{(p)}, \ldots$, est considérée comme convergeant vers le point X lorsque les coordonnées de ces points convergent indépendamment vers les coordonnées de même rang de X.

(3) Par contre, il résultera de ce qui suit que C_ω comme C_n sont homéomorphes d'ensembles linéaires.

pondance biunivoque et bicontinue, de faire correspondre à X le nombre x qui a pour quotients incomplets l'ensemble des quotients incomplets des coordonnées de X rangé en une suite simplement ordonnée.

Finalement *l'ensemble* H_ω *de ceux des points de l'espace à une infinité de coordonnées* E_ω *dont les coordonnées sont toutes irrationnelles, est homéomorphe de l'ensemble linéaire* H_1 *de ceux des points d'une droite dont les abscisses sont irrationnelles.*

4. Ainsi l'ensemble dénombrable M de points H_ω est homéomorphe d'un sous-ensemble dénombrable P de H_1. De plus on peut compléter P de façon à en faire un sous-ensemble d'un ensemble linéaire dénombrable dense sur toute la droite. Celui-ci, d'après un théorème de G. Cantor, est homéomorphe de l'ensemble linéaire C_1 des points d'abscisses rationnelles. Donc : tout ensemble dénombrable N formé d'éléments d'une classe $(\mathfrak{D})$ séparable est homéomorphe d'une partie de C.

Ou en employant la terminologie de ma Communication précédente :

Le plus grand des types de dimensions des ensembles dénombrables d'éléments d'une classe $(\mathfrak{D})$ *séparable arbitraire est le type de dimensions de l'ensemble linéaire* C_1 *des points d'abscisses rationnelles.*

5. On peut compléter les résultats précédents au moyen d'une proposition due à M. Sierpinski (et qui généralise le théorème de Cantor rappelé plus haut). Il nous suffira d'emprunter à cette proposition, qui concerne l'espace à un nombre entier quelconque de dimensions, le cas où ce nombre est l'unité : deux ensembles linéaires dénombrables denses en soi sont homéomorphes (¹).

Or, d'après ce qui précède, deux ensembles dénombrables denses en soi formés chacun d'éléments d'une classe $(\mathfrak{D})$ séparable sont homéomorphes de deux ensembles linéaires dénombrables denses en soi. Donc :

Deux ensembles dénombrables denses en soi, formés chacun d'éléments appartenant respectivement à deux classes $(\mathfrak{D})$ *séparables (distinctes ou non) sont homéomorphes.* En particulier, chacun d'eux est homéomorphe de l'ensemble linéaire C_1 des points d'abscisses rationnelles.

En outre, comme cela a lieu pour C_1, *chacun d'eux est topologiquement homogène*, c'est-à-dire qu'on peut le considérer comme homéomorphe de lui-même, de façon à faire correspondre deux éléments arbitrairement choisis dans cet ensemble.

(¹) W. SIERPINSKI, *Fundamenta Mathematicæ*, t. 1, 1920, p. 17. — Nous renverrons à notre travail du *Bulletin de l'Acad. polonaise des Sc. et L.*, série A, Sc. Math., 1920, p. 107.

MÉCANIQUE. — *Sur les conditions de sécurité des barrages massifs.* Note de M. **Charles Rabut**, présentée par M. Mesnager.

De toutes les catégories de constructions, celle dont la résistance se calcule, en apparence, le plus correctement et qui, néanmoins, continue à donner lieu aux accidents les plus fréquents et les plus graves, est le mur de réservoir en maçonnerie ou en béton *non armé* que j'appellerai *barrage massif*, par opposition au *barrage évidé*, moins pratiqué jusqu'à présent, simple rideau appuyé à des contreforts et généralement armé. Comme, d'autre part, la mise en valeur des chutes d'eau prend une grande extension, la recherche d'une théorie correcte du barrage massif paraît être la question scientifique la plus importante qui se pose actuellement dans l'art de la construction.

La rupture d'un barrage se produit presque toujours au *retour* d'une charge à laquelle il avait résisté; elle est toujours précédée d'assez long temps par des *fuites* observables à l'aval, plutôt vers le haut que vers le bas, et le plus souvent par le *soufflage*, c'est-à-dire le flambage et l'éclatement d'une couche mince de la face aval sous la pression de l'eau infiltrée, avec *ou sans* le concours de la gelée. Ces faits bien connus établissent que le principal danger à prévoir dans le projet d'un barrage massif est celui des *infiltrations* (¹) qui y pénétreront soit directement par la face amont, soit, bien plus souvent, par le dessous de la fondation, plus difficile à étancher.

Le premier, Maurice Levy a cherché à tenir compte de l'infiltration dans les calculs de résistance, mais il ne l'a envisagée qu'à l'égard de la partie courante de la face amont : son étude demande donc à être complétée, et même légèrement retouchée, comme je vais le montrer.

Pour la partie supérieure de la face amont, la théorie usuelle n'a pas été mise explicitement en défaut; pour la partie inférieure, au contraire, les expériences de Wilson et Gore (²) ont établi qu'il s'y produit de l'extension en charge, même alors que la théorie accuse de la compression, ce qui s'explique, comme on va le voir, par l'influence de l'élargissement brusque vers l'amont au niveau supérieur du socle de fondation, s'il y en a un, ou du sol même de fondation dans le cas contraire.

(¹) L'infiltration est la cause première des deux chutes récentes : 1° du mur de la ligne des Invalides à Paris; 2° du barrage de Gleno, en Italie (*Bull. Techn. de la Suisse Romande*, 50e année, 15 mars 1924, p. 65, et 29 mars 1924, p. 79).

(²) *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, t. 172, 1908, p. 107; *Houille blanche*, 8e année, janvier 1909, p. 5.

Je supposerai le profil du barrage absolument quelconque et j'admettrai qu'*en tous points du massif peut exister une goutte d'eau sous la dépendance du champ piézométrique de la retenue*. Dans la partie supérieure, j'envisagerai une sous-pression s'exerçant sur une section horizontale, mais non pas, comme l'a fait Maurice Levy, sur toute la largeur du massif; il est évident, en effet, que les pressions ascendantes exercées sur le tiers aval de cette section, c'est-à-dire en dehors du *noyau central*, ont pour effet de comprimer la face amont et non de la tendre : la sous-pression s'exerçant sur les deux tiers amont d'une section horizontale tend (d'après la règle du trapèze ou de Navier) à produire sur le bord amont de cette section un effort d'extension égal, non pas à la pression de l'eau en ce même point, mais *aux quatre tiers* de cette pression. Telle est la modification qu'il faut apporter, dans la région supérieure de la face amont, à la règle dite de Maurice Levy.

Pour étudier la région inférieure, j'envisage une section plane passant par le pied de la face aval et en pente infiniment petite vers l'amont; à cette section ainsi faite dans le socle en saillie sur le pied de la face amont, j'applique une sous-pression agissant sur les deux tiers amont de sa largeur. Si la règle ci-dessus a été appliquée à la section horizontale faite immédiatement au-dessus du socle, elle assure une pression nulle au bord amont de cette section horizontale, c'est-à-dire que la résultante des forces extérieures passe au tiers aval de la largeur au-dessus du socle, et par conséquent à l'aval de ce tiers dans la section inclinée qui vient d'être définie, laquelle comporte un élargissement brusque vers l'amont; il en résulte que la face amont du socle subit une extension à sa partie supérieure, et cela s'accorde avec le fait découvert par Wilson et Gore. La valeur de cette extension, calculée par la règle de Navier, fournit une formule qui est à substituer à celle de Maurice Levy dans la région du socle et qui peut servir à déterminer la largeur du massif au pied de la partie en élévation. Si b est cette largeur de base, a la saillie amont du socle, h la hauteur de la retenue au-dessus de cette saillie, P le poids, par mètre courant de longueur, du massif en élévation, les dimensions a, b doivent être telles que la pression verticale R au bord amont de la base de ce massif, calculée sans tenir compte de l'infiltration, satisfasse à la condition

$$R \geqq \frac{6Pa + h(2b-a)(2b-3a)}{3\,b^2}$$

qui peut être plus sévère que la précédente.

Pour passer de la première à la seconde sans créer d'élargissement brusque ailleurs qu'au niveau du socle, on se donnera une formule d'interpolation telle que R varie de $\frac{3}{4}h$ à l'expression ci-dessus quand h varie de o à son maximum.

Pour calculer la largeur du socle à sa base d'appui sur le sol de fondation, on envisagera une section plane passant par le pied de la face aval du massif en élévation (niveau supérieur du socle) et par le pied amont du socle; à cette section, dont la pente vers l'amont n'est plus infiniment petite, on appliquera une sous-pression régnant sur les deux tiers amont de sa largeur.

La conclusion principale à tirer de cette étude est que la règle de Maurice Levy, que les Ingénieurs ont déjà trouvée coûteuse, devient encore plus sévère lorsqu'on la précise scientifiquement; c'est-à-dire que la sécurité de la face amont ne peut s'obtenir, dans un barrage non armé, que par une surépaisseur dispendieuse : il est donc généralement préférable de créer cette sécurité par l'addition d'une *armature métallique* qui permet de réduire l'épaisseur du massif au lieu de l'exagérer. *Ce parti est le plus sûr* puisque, pour une même dépense d'établissement, il procure une plus grande marge de sécurité.

HYDRAULIQUE. — *Sur la similitude des mouvements hydrauliques.* Note (¹) de MM. L. Escande et M. Ricaud.

1° *Déversoirs.* — Nous avons opéré sur deux modèles semblables dont le rapport de similitude était 2,5. Le grand modèle était un canal horizontal en verre, ayant 10^{cm} de largeur et 250^{cm} de longueur. A une distance de 150^{cm} de l'extrémité amont, était placé un déversoir en mince paroi, dont la hauteur au-dessus du fond était $8^{cm},75$; la charge sur le seuil, mesurée à une distance de 1^{m} en amont du déversoir était $3^{cm},8$. Nous avons observé la similitude géométrique des filets liquides dans le plan vertical passant par l'axe du canal, jusqu'à une distance de $1^{cm},5$ en aval du seuil (mesurée sur le grand modèle). Au delà les filets divergent, la courbure la plus forte correspondant au petit modèle. Les vitesses mesurées à l'intérieur de la masse d'eau ont satisfait à la loi de Froude.

2° *Coudes à* 90°. — Nous avons poursuivi les expériences déjà signalées (²),

En utilisant un coude en verre de section carrée ($4^{cm} \times 4^{cm}$ à l'intérieur), nous avons constaté l'existence : 1° d'un tourbillon au sommet extérieur du coude; 2° d'une

(¹) Séance du 14 avril 1924.

(²) L. Escande et M. Ricaud, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 752.

surface de discontinuité de la vitesse partant du sommet intérieur du coude. La forme de cette surface a été trouvée indépendante de la vitesse, celle-ci variant de $0^{m},07$ à 1^{m} par seconde.

La similitude de la répartition des pressions et de celle des débits s'est maintenue dans la comparaison de cinq coudes semblables, placés sur des conduites à sections circulaires dont les diamètres d variaient de $0^{cm},5$ à 24^{cm}. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

Diamètre de la conduite.	Charge sur l'axe de la conduite.	Débit.	Comparaison avec le plus grand modèle.
$d_1 = 0^{cm},5$..	$h_1 = \frac{396}{48}$ cm	$q_1 = 0,010$ l : sec	$q_1\left(\frac{24}{0,5}\right)^{\frac{5}{2}} = 160,0$ l : sec
$d_2 = 1$....	$h_2 = \frac{396}{24}$	$q_2 = 0,058$	$q_2\left(\frac{24}{1}\right)^{\frac{5}{2}} = 164,7$
$d_3 = 4$....	$h_3 = \frac{396}{8}$	$q_3 = 1,825$	$q_3\left(\frac{24}{4}\right)^{\frac{5}{2}} = 161,0$
$d_4 = 10$....	$h_4 = \frac{396}{2,4}$	$q_4 = 18,8$	$q_4\left(\frac{24}{10}\right)^{\frac{5}{2}} = 167,0$
$d_5 = 24$....	$h_5 = 396$	$q_5 = 163,6$	$q_5 = 163,6$

Le régime paraissait être turbulent dans les trois premiers modèles, et non turbulent dans les deux premiers.

Les lois de similitude, appliquées aux pressions et aux vitesses moyennes, paraissent donc se maintenir pour des régimes différents.

Pour vérifier ce résultat, nous avons fait une troisième étude.

3° *Similitude dans des régimes différents.* — Nous avons utilisé un tronçon de tube cylindrique horizontal, en laiton de 3^{cm} de diamètre intérieur, précédé d'une tubulure; à l'intérieur, un obstacle constitué par une demi-sphère de $1^{cm},5$ de diamètre prolongé à l'aval par un tronc de cône, était centré sur l'axe du système.

Pour des charges allant jusqu'à $3^{m},40$ d'eau, nous avons observé sur la veine l'aspect caractéristique du régime non turbulent. Nous avons ensuite troublé le régime en plaçant devant le pavillon successivement 1, 2, 3, 4 grilles et augmenté, à chaque fois, la charge pour obtenir, malgré les grilles, la pression déjà observée H, à l'endroit où était notre prise de manomètre, c'est-à-dire à l'intersection de l'axe du système et de la demi-sphère constituant l'obstacle.

Nous avons observé que, pour une pression déterminée H du manomètre, le débit était indépendant du régime. La comparaison avec un modèle réduit de moitié a confirmé les résultats signalés dans la deuxième série d'expériences.

4° *Conclusion.* — Les expériences relatées dans cette Note nous amènent donc à envisager l'application de la loi de Froude à des modèles dont le rapport de similitude atteint 48. De plus, il semble que la similitude s'applique aux valeurs moyennes des vitesses et des pressions pour des modèles étudiés dans des régimes différents.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le calcul tensoriel amétrique.* Note (¹) de M. A. BUHL, présentée par M. P. Appell.

M. Paul Dienes vient de publier dans le premier fascicule du *Journal de Mathématiques pures et appliquées* pour 1924 (9ᵉ série, t. 3, p. 79) un très intéressant et important travail, *Sur la structure mathématique du Calcul tensoriel*, au moment où je corrige les épreuves d'un troisième Mémoire : *Sur les formules fondamentales de l'Électromagnétisme et de la Gravifique*, qui s'imprime dans un autre Recueil.

Les préoccupations de M. P. Dienes et les miennes me semblent être à peu près les mêmes au fond, mais peut-être diffèrent-elles suffisamment par la forme pour que je puisse demander l'insertion de la présente Note.

Soit la matrice tourbillonnaire euclidienne

$$(1)\qquad \left\{\begin{matrix} \dfrac{\partial}{\partial x_h} & \dfrac{\partial}{\partial x_i} & \cdots \\ \xi_h & \xi_i & \cdots. \end{matrix}\right.$$

Ses mineurs peuvent être remplacés par

$$(2)\qquad \begin{vmatrix} \dfrac{\mathrm{D}}{\mathrm{D}x_i} & \dfrac{\mathrm{D}}{\mathrm{D}x_j} \\ \xi_i & \xi_j \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \dfrac{\partial}{\partial x_i} & \dfrac{\partial}{\partial x_j} \\ \xi_i & \zeta_j \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} \Gamma^{\alpha}_{i\omega} & \Gamma^{\alpha}_{j\omega} \\ {}_i\xi_\alpha & {}_j\xi_\alpha \end{vmatrix},$$

le dernier déterminant (où ω est indice de substitution)

$$\Gamma^{\alpha}_{ij}\xi_\alpha - \Gamma^{\alpha}_{ji}\xi_\alpha$$

étant identiquement nul si

$$\Gamma^{\alpha}_{ij} = \Gamma^{\alpha}_{ji}.$$

Mais cette nullité n'empêche pas qu'une identification terme à terme donne

$$(3)\qquad \frac{\mathrm{D}\xi_j}{\mathrm{D}x_i} = \frac{\partial \xi_j}{\partial x_i} - \Gamma^{\alpha}_{ij}\,\xi_\alpha,$$

expression généralisée et *amétrique* de la dérivée d'une composante vectorielle covariante.

Quelques déplacements d'indices dans (2) permettent de passer au cas

(¹) Séance du 22 avril 1924.

des composantes contravariantes et d'établir toujours *amétriquement*, que

$$\eta^i \frac{D\xi_i}{Dx_j} + \xi_i \frac{D\eta^i}{Dx_j} = \eta^i \frac{\partial \xi_i}{\partial x_j} + \xi_i \frac{\partial \eta^i}{\partial x_j}.$$

De même la matrice

$$(4) \qquad \left\{ \begin{matrix} \frac{\partial}{\partial x_h} & \frac{\partial}{\partial x_i} & \frac{\partial}{\partial x_j} & \cdots \\ M_{h\omega} & M_{i\omega} & M_{j\omega} & \cdots \\ h & i & j & \cdots, \end{matrix} \right.$$

génératrice ordinaire des équations électromagnétiques de Maxwell, Lorentz et De Donder, a aussi des mineurs généralisables par le procédé employé en (2), d'où, au lieu de (3), des dérivées en D pour composantes tensorielles à deux indices. On poursuivrait de même pour le cas de n indices.

Ainsi l'électromagnétisme n'apparaît pas *après* la gravitation comme dans les tentatives (exceptionnellement remarquables cependant) de MM. Weyl et Eddington; l'électricité redevient la chose primordiale, et c'est après les équations électromagnétiques *euclidiennes* à tirer de (4) qu'on peut tirer de la même matrice les formules de la métrique et de la gravifique générales.

Pour de plus amples explications, je renvoie au Mémoire annoncé plus haut.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur quelques équations de dimensions électromagnétiques.* Note de M. E. **Brylinski**, transmise par M. Daniel Berthelot.

Les deux lois fondamentales de l'électromagnétisme sont celles de la force magnétomotrice d'un circuit

$$\int \mathcal{H}\, dl = 4\pi i$$

et celle de la force électromotrice induite par un flux d'induction magnétique variable

$$E = -\frac{d\Phi}{dt}.$$

Écrivons les équations de dimensions correspondantes, en adoptant la notation dont M. Daniel Berthelot a fait ressortir les avantages, il y a quelques années, et consistant à représenter les longueurs par X, Y, Z suivant leur orientation, au lieu du symbole unique L qui n'en tient pas compte; on sait que certaines ambiguïtés reprochées aux équations de dimensions ordinaires disparaissent ainsi.

Prenons des axes trirectangulaires, dont Ox coïncidant avec la direction du courant, et par conséquent du champ et de l'induction électriques. Nous aurons, puisque le champ magnétique est perpendiculaire au courant,

$$\mathcal{H} = \mathrm{I}\,\mathrm{Y}^{-1},$$
$$\mathrm{E} = \mathrm{H}\mathrm{X} = \mathfrak{B}\,\mathrm{X}\mathrm{Z}\mathrm{T}^{-1}.$$

D'ailleurs

$$\mathrm{I} = \mathrm{Q}\mathrm{T}^{-1},$$
$$\mathrm{Q} = \mathrm{B}\,\mathrm{Y}\mathrm{Z},$$

d'où résultent

$$\mathcal{H} = \mathrm{B}\,\mathrm{Z}\mathrm{T}^{-1},$$
$$\mathrm{H} = \mathfrak{B}\,\mathrm{Z}\mathrm{T}^{-1}.$$

Ainsi le champ magnétique est lié à l'induction électrostatique et le champ électrique à l'induction magnétique par l'intermédiaire d'une grandeur dirigée, ayant les dimensions d'une vitesse, et perpendiculaire à ces quatre vecteurs.

De plus, on a

$$\frac{\mathrm{B}\,\mathfrak{B}}{\mathrm{H}\,\mathcal{H}} = \mathrm{K}\mu = \mathrm{Z}^{-2}\mathrm{T}^{2},$$

ce qui donne à penser que cette vitesse a pour valeur $\frac{1}{\sqrt{\mathrm{K}\mu}}$.

On reconnaît là tous les caractères de la vitesse de propagation du front de l'onde électromagnétique; il semble intéressant de pouvoir se rapprocher de cette notion au moyen d'aussi simples considérations d'homogénéité.

ÉLECTRICITÉ. — *Conductibilité des électrolytes en très haute fréquence.* Note de M. J. **Granier**, présentée par M. Paul Janet.

On admet que la résistance des électrolytes provient du frottement des ions contre les molécules du dissolvant, et l'étude de cette résistance en courant continu conduit à attribuer à ces ions une vitesse moyenne relativement faible, de l'ordre de 10^{-3} cm/sec pour un champ de 1 volt/cm. On peut se demander ce qui arrive lorsque la fréquence devient suffisante pour que le déplacement d'un ion soit comparable à son diamètre; il semble qu'au voisinage d'une telle fréquence (de l'ordre de 10^{5} p : s) la valeur de la résistance doit se modifier considérablement et même que pour des fréquences très élevées les électrolytes peuvent (comme pour les ondes lumineuses) devenir de bons diélectriques.

J'ai mesuré la résistance d'électrolytes à différentes fréquences par une méthode de substitution. Pour des ondes de 43500^m, 8200^m, 945^m, 120^m, je n'ai constaté aucune variation appréciable de la résistance; pour des ondes plus courtes, 31^m, $9^m,50$ et surtout $3^m,80$, mes premiers résultats accusaient un accroissement énorme dans la résistance de la cuve électrolytique. Toutefois, ayant obtenu des résultats contradictoires dans des essais à concentration variable, j'ai dû étudier systématiquement diverses causes d'erreur, en particulier celle qui provient de la capacité de la cuve et de l'effet pelliculaire.

La capacité de la cuve n'avait aucune influence appréciable; même pour des ondes de $2^m,40$, la position du condensateur de réglage restait au moment de la résonance sensiblement la même lorsque je remplaçais l'électrolyte par du mercure. L'influence de l'effet pelliculaire était le plus souvent négligeable. Ainsi, à la fréquence 10^8, la valeur de mes résistances de comparaison en fil de maillechort de $\frac{4}{100}$ de millimètre de diamètre n'augmente que de 1 pour 100; pour une colonne d'eau acidulée à 5 pour 100, de 1^{cm^2} de section, l'erreur qui en résulte n'atteint pas 0,5 pour 100; quoique la résistance des fils de connexions en cuivre devienne environ 30 fois supérieure, il n'en résulte aucune erreur appréciable, la résistance de la cuve étant de plusieurs ohms.

C'était pourtant l'effet pelliculaire qui faussait complètement mes premières mesures en modifiant la surface active des électrodes et en obligeant le courant à quitter en grande partie les supports de celles-ci au niveau du liquide. Pour préciser cette dernière cause d'erreur, j'ai étudié la résistance de fils de cuivre tendus dans des tubes de verre remplis d'eau acidulée. Avec un fil de cuivre de $0^{mm},9$ de diamètre, de 6^{cm} de long, et un tube de verre de 1^{cm} de diamètre, j'ai obtenu pour des ondes de $3^m,80$, avec de l'eau acidulée, les résultats suivants :

Résistivité de l'eau acidulée en courant continu (ohm.cm)................	∞	50	10	5	1,5
Résistance du tube en haute fréquence (ohm.cm)................... env.	0,07	0,8	2,1	2,8	4,3

Le fil de cuivre ayant été sectionné en son milieu, la résistance pour cette dernière concentration et pour des ondes de 8200^m est passée d'une quantité inappréciable à 2,25 ohms; pour des ondes de $3^m,80$ elle est simplement montée de 4,3 à 4,4; c'est donc que le courant, délaissant le conducteur central, circulait presque exclusivement dans l'électrolyte.

Pour réduire au minimum toutes ces causes d'erreur, les expériences

définitives ont été effectuées sur des cuves électrolytiques constituées de la manière suivante :

Les électrodes sont des cylindres creux en charbon (charbons d'arc-flamme dont la mèche a été enlevée); avec deux tubes de verre, l'un intérieur, l'autre extérieur, elles délimitent une cavité annulaire qui contient l'électrolyte; les extrémités des électrodes sont cuivrées par électrolyse et soudées à des conducteurs de cuivre. Avec un tel dispositif, aucun fil parasite ne plonge dans l'électrolyte; l'effet pelliculaire dans le charbon et l'électrolyte sont très réduits.

En opérant ainsi à l'abri de toute erreur systématique importante, je n'ai constaté aucun changement appréciable dans la conductibilité des divers électrolytes essayés. Ce résultat montre que la résistance électrolytique apparaît déjà pour des déplacements extrêmement petits des ions.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Mesures préliminaires d'intensité dans les spectres de haute fréquence des éléments.* Note de M. A. **Dauvillier**, présentée par M. M. de Broglie.

La connaissance qualitative des spectres de rayons Röntgen ayant fait de très grands progrès durant ces dernières années, il importe maintenant d'y ajouter des données quantitatives concernant l'intensité des raies afin de pouvoir en déduire les probabilités de transfert électronique entre les divers niveaux et de faire ainsi un pas de plus dans l'analyse de la structure atomique. Ce problème a aussi pris un nouvel aspect à la suite de la découverte du système spectral de ces rayons (1) et il se présente aujourd'hui comme il suit : Étant donnée une série Röntgen du type optique, quelles sont les intensités relatives des composantes de chaque terme, les intensités globales des termes et leur loi de variation en fonction de leur ordre. Il ne s'agit pas, par exemple dans la série K, de comparer les intensités des lignes α_1, β, γ, comme plusieurs auteurs ont déjà cherché à le faire, mais de connaître les rapports $\frac{\alpha_1}{\alpha_2}$, $\frac{\beta_1}{\beta_2}$, etc., ainsi que $\frac{\alpha_1+\alpha_2}{\beta_1+\beta_2}$, $\frac{\beta_1+\beta_2}{\gamma}$, etc.

Nous avons, dans ce but, effectué quelques mesures, portant sur les séries K du molybdène et de l'argent et les séries L de l'or et de l'uranium,

(1) L. de Broglie et A. Dauvillier, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 685.

par la méthode d'équivalence photographique indiquée dans une précédente Note [1] et en utilisant l'aluminium comme élément absorbant.

Si deux raies, de longueur d'ondes λ_1 et λ_n présentent, sur un même cliché, des opacités identiques après avoir été transmises par les épaisseurs e_1 et e_n d'absorbant, μ_1 et μ_n étant les coefficients linéaires d'absorption correspondants, l'intensité I_n de la longueur d'onde λ_n est donnée, par rapport à celle I_1 de la raie λ_1, par l'expression :

$$I_n = (I_1 e^{-\mu_1 e_1 + \mu_n e_n}) \frac{1 - e^{-\alpha_1 l - \beta_1 m}}{1 - e^{-\alpha_n l - \beta_n m}} \cdot \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_n} \cdot \frac{R_1}{R_n} \cdot e^{-(\eta_n - \eta_1)d}.$$

Le second facteur tient compte de l'énergie retenue par l'émulsion photographique, α_1, β_1 et α_n, β_n étant les coefficients linéaires d'absorption de l'argent et du brome (bandes K, L, M) pour les deux longueurs d'ondes considérées, l et m les épaisseurs de ces deux éléments dans l'émulsion. Les coefficients α et β ont été calculés à partir des mesures d'Owen et de Richtmyer. Le troisième terme introduit la variation d'angle solide de rayonnement intercepté par la face cristalline tournante, θ_1 et θ_n étant les angles respectifs de réflexion et le rayonnement débordant toujours largement le cristal. Le quatrième représente l'influence de la variation du coefficient de réflexion. Les valeurs relatives au sel gemme ont été obtenues en construisant une courbe à partir des mesures de Davis et Terrill ainsi que celles de Wagner et Kulenkampff. Quoique ces valeurs aient été obtenues par une méthode de double réflexion cristalline et qu'elles soient ainsi probablement beaucoup trop fortes par suite de la polarisation accentuée des rayons premièrement réfléchis, la loi de variation doit être sensiblement la même que pour des rayons directement issus de l'anticathode. Le cinquième terme — qui se calcule avec le premier — représente enfin l'absorption exercée par la fenêtre de cellophane du tube ($0^{mm},12$), l'écran de cellophane noire ($0^{mm},14$) disposé devant la plaque photographique et l'épaisseur d'air traversé (de $0^{m},75$ à $3^{m},95$), l'absorption totale étant calculée en eau (épaisseur d) et les coefficients linéaires correspondants η_1 et η_n étant calculés d'après les mesures de Hewlett.

---

[1] A. Dauvillier, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 477.

L'avantage de cette méthode réside en ce que le régime du tube peut varier durant la pose, à condition d'être suffisamment élevé; que la dispersion et la durée d'exposition peuvent être très grandes, l'expérience pouvant être faite en plusieurs fois; que les résultats sont indépendants de la caractéristique des plaques et du mode de développement et que les corrections peuvent être poussées sûrement jusqu'au bout. Mais, pour obtenir une précision suffisante, il est nécessaire d'utiliser des écrans absorbants comportant un grand nombre d'échelons d'épaisseur judicieusement choisie, et les mesures que nous avons faites, avec une dizaine d'échelons, ne peuvent être considérées que comme préliminaires en définissant seulement des ordres de grandeur.

Série K. — Le rapport des raies α_1 et α_2 a été trouvé être le même (sensiblement 2 : 1) que celui des raies β_1 et β_2 largement séparées à grande distance. De plus, le rapport des termes $(\alpha_1 + \alpha_2)$, $(\beta_1 + \beta_2)$ et γ est constant et voisin de 5.

Ce résultat est à rapprocher du système de distribution des électrons sur les différents niveaux des éléments que nous avons indiqué dans une précédente Note (*loc. cit.*), en nous basant sur des mesures d'absorption effectuées sur les bandes L de l'or. D'après ce système, les niveaux de départ donnant naissance aux raies de la série K sont tous constitués respectivement par 4 et 2 électrons, ce qui signifie que leur probabilité de passage sur le niveau K est la même.

Série L. — Les mesures n'ont encore porté que sur 8 raies de l'or et 10 de l'uranium. Une loi de variation analogue à celle de la série K est valable pour la série L_3, mais le rapport des composantes est légèrement inférieur à 2. Dans la série diffuse $(2, p)$-(m, d), nous avons comparé les rapports d'intensité des termes simples β_1, γ_1 et γ_2 et l'avons aussi trouvé égal à 5. Le quotient des composantes α_1 et α_2 de l'autre terme est voisin de 7. Les composantes de grande longueur d'onde de la série nette $(2, p)$-(m, s) sont 33 fois plus faibles que celles de la série précédente $(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3)$. Pour les autres raies, des conclusions définitives ne peuvent encore être données par suite de certaines variations d'intensité de raies homologues de l'or et de l'uranium appelant de nouvelles recherches.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les spectres de la décharge thermionique dans l'oxyde de carbone. Nouveau spectre de bandes.* Note de M. F. **Baldet**, présentée par M. H. Deslandres.

L'étude des spectres de la décharge thermionique, si importante en physique, présente également un grand intérêt en astrophysique, car la luminescence des atmosphères stellaires n'est pas sans avoir une analogie étroite avec celle des gaz entourant une cathode incandescente et soumis à son bombardement électronique. De plus, la facilité qu'on a d'obtenir ces spectres dans les gaz les plus raréfiés, avec des énergies variables depuis celles qui correspondent aux potentiels d'ionisation, rend la méthode précieuse pour les recherches sur les comètes, les nébuleuses, etc.

I. J'ai installé une lampe spéciale à deux électrodes, à cathode de tungstène facilement interchangeable et à fenêtre de quartz. Le vide est obtenu avec une pompe à huile et une pompe moléculaire Holweck. Une alimentation par capillaire permet de faire circuler les gaz dans l'ampoule afin d'évacuer les produits de dissociation, s'il y a lieu, la pression restant constante. Un potentiomètre règle la valeur du champ entre les deux électrodes.

L'oxyde de carbone, étudié en premier, a été obtenu par la réaction de l'acide formique sur l'acide sulfurique concentré, ces deux liquides ayant été purgés des gaz dissous par un séjour prolongé dans le vide; le mélange a été effectué également dans le vide et le gaz desséché sur l'anhydride phosphorique. Sous une pression de quelques dixièmes de millimètre de mercure et une chute de potentiel d'une centaine de volts, il donne un spectre de bandes complexe dans lequel on trouve des spectres connus tel que celui dit de « l'oxyde de carbone » ou 2e groupe positif, le 3e groupe positif, le groupe négatif ultraviolet du carbone, le spectre des doublets des queues de certaines comètes (comète Morehouse) identifié en 1909 par Fowler (1) avec le CO à basse pression, et un spectre qui paraît nouveau. Les séries de lignes, composant ces bandes, s'étendent loin des têtes. Malgré l'intensité de l'émission on ne trouve pas trace du spectre de Swan ou 1er groupe positif, ni du groupe dit des « hydrocarbures ».

(1) *Monthly Notices*, vol. 70, 1909, p. 176, et 1910, p. 484.

A une pression beaucoup plus basse, non mesurée (la décharge à 50000 volts d'une bobine d'induction ne provoquant plus la fluorescence du tube témoin), la luminescence du gaz résiduel est encore brillante. Elle donne à peu près exclusivement, et d'une manière remarquable, le spectre des queues de comètes, signalé ci-dessus. Une pose de 5 minutes suffit pour en obtenir une épreuve intense, avec un spectrographe ouvert à $f : 22$ ($f = 60^{cm}$), à un prisme de spath de 60° et à fente fine, tandis qu'il faut poser des heures avec un tube à décharge ordinaire. Toutefois T. R. Merton et R. C. Johnson (1) ont montré, en 1923, qu'on pouvait l'obtenir avec des poses plus courtes en faisant passer la décharge d'une bobine dans un tube, garni d'électrodes en carbone, contenant de l'hélium très pur à la pression de 20^{mm}; seulement, on constate une variation importante de la distribution des intensités des doublets dans tout le spectre. L'introduction d'une faible quantité d'air dans l'ampoule thermionique fait apparaître le groupe de bandes $\lambda = 3883$ dites du « cyanogène » et la bande $\lambda = 3914$ du groupe négatif de l'azote; le spectre ressemble alors à celui de la queue de la comète Morehouse (1908 *c*). Fowler avait déjà constaté un phénomène analogue dans le tube à décharge (2). Quelques expériences aux environs du potentiel d'ionisation ont montré que le spectre des queues semble émis par une molécule plus ionisée que le deuxième groupe positif du carbone.

II. Le nouveau spectre de bandes, signalé plus haut, est bien développé sous une pression de $0^{mm},7$, il est moins visible à 10^{mm}, et aux pressions les plus basses il devient très faible. Il consiste en trois doublets intenses, dégradés vers le violet, dont chaque tête est elle-même un doublet serré; ils ont le même aspect que les doublets de la série forte du spectre des queues de comètes près desquels ils se trouvent, mais leur dégradé est en sens inverse. Les bandes sont formées de lignes nombreuses et très rapprochées, résolues seulement dans la queue avec la dispersion employée. Voici les positions des têtes :

Séries.	λ-IÅ (air).	ν (vide).	Int.
I..................	4236,46 ± 0,08	23597,8	2
II..................	4231,01 »	23628,4	4
III..................	4213,06 »	23729,0	5
IV..................	4208,71 »	23753,6	5

(1) *Roy. Soc. Proc.*, A, vol. 103, 1923, p. 386.

(2) *Loc. cit.*

Séries.	λ-ÅI (air).	ν (vide).	Int.
I..................	3977,91 ± 0,06	25131,7	3
II..................	3973,17 »	25161,7	9
III.................	3957,11 »	25263,8	9
IV.................	3953,32 »	25288,0	10
I..................	3729,60 ± 0,05	26805,7	2
II..................	3724,76 »	26839,8	6
III.................	3711,03 »	26939,1	8
IV.................	3707,12 »	26967,5	8

En groupant les bandes en quatre séries on remarque que la différence seconde de la série I : $\nu = 140,1$, est la même que celle de la série III : $\nu = 140,5$, et qu'il en est de même pour la série II : $\nu = 144,8$ et pour la série IV : $\nu = 145,1$. Aucune autre bande appartenant à ces séries n'a été retrouvée dans tout le spectre.

Quoique dans son ensemble ce spectre ne paraisse jamais avoir été signalé, il est possible que le doublet le plus intense ait été déjà observé, en 1909, par H. von Drechend (¹). En étudiant le spectre de la décharge faiblement lumineuse d'un courant continu entre des pointes, dans du CO^2 à la pression atmosphérique, il a découvert une série de bandes dont deux sont situées à $\lambda = 3973,1$ et $\lambda = 3957,1$; mais la faible précision des mesures de l'auteur et l'absence des autres têtes intenses rendent l'identification incertaine.

Le mode d'excitation par cathode incandescente entraînant une dissociation partielle du gaz, on ne peut attribuer avec certitude le nouveau spectre à l'oxyde de carbone; on peut seulement noter qu'il est intense dans le gaz préparé comme il a été dit. Il est cependant vraisemblable qu'il est dû à un composé carboné.

Dans ses travaux sur les spectres de bandes, M. Deslandres a annoncé que les fréquences K des têtes les plus intenses des spectres de bandes dans différents gaz sont à peu près des multiples entiers d'une même fréquence infrarouge : $K = d_1 q$, q étant un nombre entier et d_1 une constante égale à 1062,5; il a donné pour le carbone un tableau de dix valeurs (²) auxquelles on peut ajouter les deux suivantes :

Spectre des queues de comètes (Fowler).	$23386 = 22\,d_1 + 11$
Nouveau spectre..............................	$25295 = 24\,d_1 - 205$

(¹) *Ann. der Phys.*, t. 30, 1909, p. 719.
(²) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1365.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre de la lumière émise par l'arrêt des rayons positifs de lithium.* Note de M. **Max Morand**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai réussi à obtenir la production régulière et continue de rayons positifs de lithium en utilisant un tube à vide où la pression est maintenue aussi basse que possible avec une anode constituée par une pointe légèrement chauffée recouverte de sels. Lorsque la différence de potentiel entre l'anode et la cathode atteint une valeur convenable, la décharge passe dans le tube sous forme d'un étroit pinceau de rayons positifs émis dans la direction de la pointe. Le débit est important et peut atteindre plusieurs milliampères. Lorsque le faisceau de rayons positifs frappe un obstacle, il se forme à la surface de celui-ci une tache métallique correspondant à une véritable électrolyse. La région où se forme la tache est lumineuse pendant le fonctionnement et l'on constate tout de suite que la lumière émise contient les raies caractéristiques du métal transporté sous forme de rayons positifs. Ainsi, par exemple, avec les sels de lithium, la tache est d'un beau rouge et la plus grande partie de la lumière provient de la raie λ 6708 du lithium.

J'ai étudié d'une manière plus complète le spectre de la lumière émise dans ces conditions. Cette étude qui a été faite de λλ 2400 Å à 7200 Å a donné les résultats suivants :

On retrouve avec une grande intensité toutes les raies habituelles du lithium, c'est-à-dire celles du spectre d'arc correspondant aux raies émises par l'atome neutre. Le processus d'émission dans le cas des rayons positifs est très simple : les ions positifs en arrivant sur la cathode se neutralisent en captant un électron, ce qui est le mécanisme même qui donne lieu au passage du courant; l'électron ainsi capté en se rapprochant du noyau jusqu'à ce qu'il ait atteint l'orbite la plus stable, émet les raies d'arc du métal. Comme le débit peut atteindre plusieurs milliampères et comme tous les ions, en se neutralisant, émettent le même spectre, on conçoit que le rendement soit considérable et que les raies soient très intenses avec une dépense de matière très faible. En même temps que les raies d'arc du lithium, on observe les raies les plus intenses de quelques impuretés. Ce sont les raies λ 4227, λλ 3968-3933 du calcium, λλ 3961,7-3944, λλ 3092,8-3082,2 de l'aluminium et les raies λ 2881,7 λ 2528,6, λ 2516,2 du silicium. La présence du silicium, qui n'a pu arriver que sous forme de rayons

positifs, est assez remarquable. On peut voir également les raies H_α, H_β et H_γ de l'hydrogène, ce qui n'a rien d'étonnant puisque les sels des métaux alcalins en sont toujours accompagnés. Une particularité remarquable est présentée par le sodium. Bien que les sels employés en soient fortement souillés, il est impossible de trouver ses raies sur les clichés.

En plus des raies précédentes, on observe trois autres raies dont l'une s'identifie remarquablement avec la raie λ 2934,15 attribuée par Mohler au spectre d'étincelle du lithium, c'est-à-dire au spectre émis par l'atome ionisé; et son existence s'explique très facilement. On sait que l'émission du spectre d'étincelle nécessite une excitation de l'atome beaucoup plus grande que celle qui correspond au spectre d'arc. Ce fait est bien compréhensible, puisque l'émission du spectre d'étincelle nécessite une ionisation double quelquefois difficile à obtenir, et c'est précisément le cas pour le lithium. Dans les expériences de Mohler, l'excitation de la raie λ 2934 était obtenue en bombardant de la vapeur de lithium au moyen d'électrons lents accélérés par des différences de potentiel de 50 à 100 volts, et seule une excitation aussi intense avait permis d'obtenir cette raie d'étincelle. Or on sait que les rayons positifs relativement lents ont un grand pouvoir ionisant; comme il existe devant la cathode sur laquelle tombent des rayons positifs, une atmosphère de lithium raréfié formant un petit nuage bien visible, il était à penser que cette vapeur de lithium, fortement ionisée par les rayons positifs qui la traversent continuellement, émettrait les raies d'étincelle du lithium, et c'est ce que l'expérience a confirmé. Il se peut d'ailleurs également que les ions des rayons positifs émettent directement les raies d'étincelle au moment de leur choc et avant de se neutraliser. Sur l'un des clichés, la raie λ 2934, dont le milieu se trouve à λ 2934,2 apparaît en réalité comme un doublet de composantes à peu près également intenses et de longueurs d'onde λλ 2933,85 et 2934,5. Ce résultat est important car le spectre d'étincelle du lithium doit être semblable à celui de l'hélium et l'on devait s'attendre à trouver dans cette région une raie double correspondant au fort doublet λ 10829,1 — λ 10830,3 de l'hélium. La séparation probable des composantes correspond bien à celle qui a été observée. Il semble donc que l'identification de la raie 2934 soit maintenant tout à fait certaine. En plus de cette raie on observe une raie nette assez intense λ 3715,4 et une autre plus faible λ 2498,1. Elles appartiennent vraisemblablement au même spectre d'étincelle du lithium.

Enfin on peut observer à l'œil nu un fond continu très faible qui semble commencer vers λ 5400 et qui s'étend vers les petites longueurs d'onde.

SPECTROSCOPIE. — *Études qualitatives sur les spectres d'absorption infrarouges des corps organiques.* Note de M. **Jean Lecomte**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons déterminé, entre 1^{μ} et 14^{μ} et plus particulièrement entre $4^{\mu},5$ et 14^{μ}, pour plus d'une centaine de corps organiques, des spectres d'absorption infrarouges dont, à notre connaissance, les quatre cinquièmes sont encore inédits. Ce procédé déjà mis en œuvre par Coblentz, W. Weniger, etc. nous a paru particulièrement intéressant : quelques gouttes de substance, en effet, dans le domaine que nous explorions, sont seulement nécessaires, puisque une épaisseur minime d'un liquide organique (de $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{100}$ de millimètre) suffit pour faire apparaître ses régions d'absorption.

L'appareil détecteur des radiations infrarouges se composait d'une pile thermoélectrique de grande sensibilité avec des soudures bismuth-argent, montée sur un spectroscope de Hilger (à miroirs et à prisme de sel gemme) et en connexion avec un galvanomètre à cadre mobile de 18,6 ohms de résistance. Cet instrument donnait une déviation de 1^{mm} pour un courant de $2,50.10^{-9}$ ampère (règle à 1^{m}) et le dispositif d'observation, à 6^{m}, permettait d'apprécier des intensités de $1,25.10^{-10}$ ampère. En raison de la faiblesse des courants et de la résistance totale du circuit, l'installation du galvanomètre, l'établissement des conducteurs de liaison et l'emploi de la pile ont exigé des précautions spéciales. Une lampe Nernst servait de source de radiations; la cuve était à parois de fluorine de 1 à 6^{μ} de longueur d'onde et à parois de sel gemme de 6 à 14^{μ}. Les coefficients de transmission déterminés pour chaque substance subissaient une correction pour tenir compte des réflexions sur les faces de la cuve.

Avec ce dispositif expérimental, nous avons pu observer un nombre important de bandes, au moins six ou sept pour chacun des corps examinés. Si l'on étudie ces bandes au seul point de vue qualitatif, en comparant les places qu'elles occupent, on arrive aux conclusions suivantes : d'une manière générale, on retrouve les classifications de la chimie. Dans un composé donné, chaque groupement conserve son individualité et se caractérise par une ou plusieurs zones d'opacité propres. Cependant, dans un corps à fonctions multiples, toutes les bandes caractéristiques peuvent ne pas apparaître distinctes. Voici, pour quelques groupements, nos résultats :

Noyaux benzéniques et cyclohexaniques. — Ils donnent lieu, dans les courbes de transmission, à de profondes dépressions qui leur paraissent propres aux environs de $3^{\mu},25$ (noyau benzénique seulement), de $3^{\mu},60$

(noyau cyclohexanique seulement), de $6^{\mu},85$ à $7^{\mu},00$, de $9^{\mu},75$ à $10^{\mu},00$. Exemples : propylbenzène, aldéhyde anisique, anéthol, cinq salicylates, cyclohexane, diméthylcyclohexane, etc.

Fonction alcool. — Nos résultats confirment et généralisent ceux de W. Weniger : les alcools primaires se caractérisent par une bande située de $9^{\mu},65$ à $9^{\mu},75$, les alcools secondaires produisent une bande à $9^{\mu},05$, enfin, les alcools tertiaires ont une bande à $8^{\mu},50$ et une autre de $9^{\mu},65$ à $9^{\mu},75$ semblable à celle des alcools primaires. On rapproche souvent les alcools tertiaires des phénols : les spectres des cinq salicylates ne nous donnent pas la région d'opacité de $8^{\mu},50$ caractéristique des alcools tertiaires. Ex. : quinze alcools de la série $C^nH^{2n+1}OH$, les alcools benzylique et homobenzylique, trois bromo-carbinols $CH^2Br - CHBr - CHOH - R$, etc.

Fonction cétone. — Dans toutes les cétones examinées (sauf l'acétone), une bande à $6^{\mu},15$. Nous pensons pouvoir caractériser le groupement *phénacyle* C^6H^5CO, par les zones d'opacité de $6^{\mu},15$, $8^{\mu},40$, $10^{\mu},15$ à $10^{\mu},30$, et $13^{\mu},40$. Nous ferons remarquer, en passant, que le minimum de transmission très prononcé de $6^{\mu},15$ se retrouve dans les spectres des quelques aldéhydes étudiées, ce qui indique nettement, suivant les conclusions de la chimie, la présence, dans le groupement aldéhyde, du groupement cétonique $= C = O$. Exemples : neuf cétones mixtes, deux cétones grasses, etc.

Fonction éther-sel. — D'après nos mesures, le groupement carboxylé se distingue par la présence simultanée d'une bande vers $5^{\mu},90$ et d'une autre située, pour les benzoates de $8^{\mu},00$ à $8^{\mu},10$ et pour les éthers-sels gras de $8^{\mu},40$ à $8^{\mu},65$. On peut rapprocher cette deuxième bande d'une bande qui se place, suivant l'acide gras, de $8^{\mu},15$ à $8^{\mu},35$. Exemples : 22 éthers-sels gras et aromatiques, 5 triacétines, etc.

Rôle des liaisons. — Si les fonctions se laissent caractériser assez facilement par des bandes très nettes, l'influence des liaisons reste difficile à expliciter. En ce qui concerne, en particulier, la liaison éthylénique, il se produit souvent une migration ou une oblitération de ses régions d'absorption propres dès qu'une autre fonction chimique se présente également dans la molécule. Néanmoins il semble qu'on puisse attribuer à la double liaison deux bandes : l'une de $7^{\mu},80$ à $8^{\mu},00$, et l'autre de $10^{\mu},20$ à $10^{\mu},40$. Exemples : trois vinylscarbinols $CH^2 = CH - CHOH - R$, deux alcools non saturés $\alpha\beta$, le crotonate d'amyle, le cinnamate d'éthyle, trois allylacétophénones, etc.

Quant à la triple liaison, elle ne paraît pas posséder de bandes propres dans l'intervalle $1\text{-}14^{\mu}$. Le spectre des corps à fonction acétylénique, sauf

peut-être une bande faible à $8^{\mu},00$-$8^{\mu},20$, se rapproche beaucoup de celui des composés saturés correspondants. Exemples : trois carbures acétyléniques, le phénylacétylène, le cyclohexylpropine, l'oxyde d'éthylpropargyl.

OPTIQUE. — *Propriétés générales des milieux optiquement actifs.* Note de M. **H. Chipart**, présentée par M. L. Lecornu.

Poursuivons l'étude des milieux définis par les égalités (1) :

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial E}{\partial t} + \dfrac{\partial P}{\partial t} = \operatorname{curl} H, \qquad -\dfrac{\partial H}{\partial t} = \operatorname{curl} E, \\ P_x = \dfrac{\partial W}{\partial E_x} - \left(\dfrac{\partial}{\partial x} \dfrac{\partial W}{\partial \dfrac{\partial E_x}{\partial x}} + \dfrac{\partial}{\partial y} \dfrac{\partial W}{\partial \dfrac{\partial E_x}{\partial y}} + \dfrac{\partial}{\partial z} \dfrac{\partial W}{\partial \dfrac{\partial E_x}{\partial z}} \right) \end{cases}$$

$\left(\text{W forme quadratique en } E_x,\ E_y,\ E_z,\ \dfrac{\partial E_x}{\partial x}, \dfrac{\partial E_x}{\partial y}, \ldots, \dfrac{\partial E_z}{\partial z}\right)$.

Lemme. — *Étant donné un vecteur arbitraire* F, *fonction de* x, y, z *et* t, *on a l'identité* (2) :

$$(2)\quad \int_u (PF)\, d\varpi = \int_u \left(\sum F_x \frac{\partial W}{\partial E_x} + \sum\sum \frac{\partial F_x}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial \dfrac{\partial E_x}{\partial x}} \right) d\varpi + \int_s (GF)\, d\omega,$$

dans laquelle u désigne une région quelconque du milieu considéré, et G représente le vecteur

$$G_x = N_x \frac{\partial W}{\partial \dfrac{\partial E_x}{\partial x}} + N_y \frac{\partial W}{\partial \dfrac{\partial E_x}{\partial y}} + N_z \frac{\partial W}{\partial \dfrac{\partial E_x}{\partial z}}, \qquad \ldots$$

(N vecteur unité dirigé suivant la normale intérieure à la surface s qui limite u).

Cette identité équivaut en effet à la formule (3) :

$$(3)\quad (PF) = \sum F_x \frac{\partial W}{\partial E_x} + \sum\sum \frac{\partial F_x}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial \dfrac{\partial E_x}{\partial x}} - \sum \frac{\partial}{\partial x} \left(F_x \frac{\partial W}{\partial \dfrac{\partial E_x}{\partial x}} + F_y \frac{\partial W}{\partial \dfrac{\partial E_y}{\partial x}} + F_z \frac{\partial W}{\partial \dfrac{\partial E_z}{\partial x}} \right).$$

Corollaires. — Remplaçant successivement F par E et par δE (variation

virtuelle) dans l'identité (2) on obtient les identités (4) et (5) :

$$\int_u (\mathrm{PE})\, d\varpi = 2\int_u \mathrm{W}\, d\varpi + \int_s (\mathrm{GE})\, d\omega, \tag{4}$$

$$\int_u (\mathrm{P}\,\delta\mathrm{E})\, d\varpi = \int_u \delta\mathrm{W}\, d\varpi + \int_s (\mathrm{G}\,\delta\mathrm{E})\, d\omega. \tag{5}$$

Théorème I. — *L'apport d'énergie électromagnétique dans la région u est défini par l'égalité* (6) :

$$\frac{d}{dt}\int_u \left(\frac{\mathrm{E}^2}{2} + \mathrm{W} + \frac{\mathrm{H}^2}{2}\right) d\varpi = \int_s \Pi_{\mathrm{N}}\, d\omega, \tag{6}$$

dans laquelle $\frac{\mathrm{E}^2}{2} + \mathrm{W}$ et $\frac{\mathrm{H}^2}{2}$ représentent l'énergie électrique et l'énergie magnétique par unité de volume. Le vecteur radiant Π a pour composantes

$$\Pi_x = \mathrm{E}_y\mathrm{H}_z - \mathrm{E}_z\mathrm{H}_y - \left(\mathrm{E}_x \frac{\partial}{\partial t}\frac{\partial \mathrm{W}}{\partial \frac{\partial \mathrm{E}_x}{\partial x}} + \mathrm{E}_y \frac{\partial}{\partial t}\frac{\partial \mathrm{W}}{\partial \frac{\partial \mathrm{E}_y}{\partial x}} + \mathrm{E}_z \frac{\partial}{\partial t}\frac{\partial \mathrm{W}}{\partial \frac{\partial \mathrm{E}_z}{\partial x}}\right), \quad \ldots \tag{7}$$

L'égalité (6) résulte, en effet, de la combinaison de la formule classique

$$\left(\mathrm{E}\frac{\partial \mathrm{E}}{\partial t}\right) + \left(\mathrm{E}\frac{\partial \mathrm{P}}{\partial t}\right) + \left(\mathrm{H}\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial t}\right) + \mathrm{div}\,[\mathrm{EH}] = 0$$

avec la formule

$$\int_u \left(\mathrm{E}\frac{\partial \mathrm{P}}{\partial t}\right) d\varpi = \frac{d}{dt}\int_u \mathrm{W}\, d\varpi + \int_s \left(\mathrm{E}\frac{\partial \mathrm{G}}{\partial t}\right) d\omega.$$

A son tour, cette dernière égalité s'obtient par combinaison des égalités (4') et (5'), conséquences de (4) et (5) :

$$\frac{d}{dt}\int_u (\mathrm{PE})\, d\varpi = 2\frac{d}{dt}\int_u \mathrm{W}\, d\varpi + \frac{d}{dt}\int_s (\mathrm{GE})\, d\omega, \tag{4'}$$

$$\int_u \left(\mathrm{P}\frac{\partial \mathrm{E}}{\partial t}\right) d\varpi = \frac{d}{dt}\int_u \mathrm{W}\, d\varpi + \int_s \left(\mathrm{G}\frac{\partial \mathrm{E}}{\partial t}\right) d\omega. \tag{5'}$$

Etudions à présent la propagation d'une onde plane monochromatique

$$\overline{\mathrm{E}} = \overline{\mathrm{E}_1}\cos\theta + \overline{\mathrm{E}_2}\sin\theta, \qquad \theta = \frac{2\pi}{\tau}(t - n\alpha x - n\beta y - n\gamma z).$$

La détermination de E, à partir des équations (1), entraîne celle de P et de H. Exprimons $\frac{\mathrm{E}^2}{2} + \mathrm{W}$ et $\frac{\mathrm{H}^2}{2}$ en fonction de θ et des six composantes E_{1x}, E_{1y}, E_{1z}, E_{2x}, E_{2y}, E_{2z}, puis calculons les valeurs moyennes de ces deux

termes d'énergie pendant une période. Ce sont deux formes quadratiques en $E_{1x}, \ldots, E_{2z}$ dont les coefficients dépendent de $n\alpha$, $n\beta$, $n\gamma$ et de τ. Représentons par L la différence de ces deux valeurs moyennes :

$$L = \left(\frac{E^2}{2} + W\right)_m - \left(\frac{H^2}{2}\right)_m.$$

Cette fonction possède les caractères analytiques suivants :

Théorème II. — *Pour la solution considérée, la fonction* L *est nulle ainsi que ses six dérivées premières par rapport aux* $E_{1x}, \ldots, E_{2z}$. En d'autres termes :

En tout point du milieu, les énergies électrique et magnétique (moyennes) sont égales;

Au voisinage d'une solution, la vitesse de propagation déduite de l'égalité $L = 0$ est stationnaire.

Pour établir cette proposition dont l'idée première remonte à Lord Rayleigh et à Willard Gibbs, utilisons l'identité (2) dans laquelle nous écrirons :

$$\overline{F} = \delta\overline{E} = \delta\overline{E}_1 . \cos\theta + \delta\overline{E}_2 . \sin\theta \qquad (\delta E_1 \text{ et } \delta E_2 \text{ variations virtuelles}).$$

Les équations d'Ampère et de Faraday, étant satisfaites par la solution E, fournissent les égalités

$$E + P = -n[\nu . H], \qquad H = n[\nu . E] \qquad (\bar{\nu} = \bar{\alpha} + \bar{\beta} + \bar{\gamma}).$$

La variation virtuelle δH corrélative de δE est donc

$$\delta H = n[\nu . \delta E];$$

et l'on a

(8) $$(E + P . \delta E) = -n(\delta E . [\nu . H]) = n([\nu . \delta E] . H) = (H . \delta H).$$

La combinaison de (5) et (8) donne enfin la formule (9) :

(9) $$\delta \int_u \left(\frac{E^2}{2} + W - \frac{H^2}{2}\right) d\varpi + \int_s (G . \delta E)\, d\varpi = 0.$$

Dans cette dernière égalité, choisissons comme volume d'intégration un cube de côté égal à une longueur d'onde et dont deux faces sont parallèles au plan $\alpha x + \beta y + \gamma z = 0$. L'intégrale de volume qui figure dans (9) est proportionnelle à L, tandis que l'intégrale de surface est nulle. On a donc $\delta L = 0$ quels que soient les $\delta E_{1x}, \ldots, \delta E_{2z}$.

RADIATIONS. — *Sur les rayons β secondaires produits dans un gaz par des rayons X.* Note de M. **Pierre Auger**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Dans une précédente Note [1], j'ai indiqué comment l'étude des rayons β secondaires par la méthode de C. T. R. Wilson, pouvait donner quelques renseignements sur le rôle de la quantité de mouvement des quanta de radiation lors de leur absorption par la matière. Une étude statistique de la répartition des rayons suivant l'angle θ qu'ils font avec la direction du faisceau X qui leur donne naissance, avait montré l'existence d'une direction d'émission privilégiée, avec une assez forte dispersion de part et d'autre. Une hypothèse théorique simple avait donné pour l'angle θ_m caractéristique de cette direction

$$\cos\theta_m = \sqrt{\frac{a}{a+2}} \qquad \text{avec} \qquad a = \frac{h\nu}{mc^2}. \tag{1}$$

2. Afin de vérifier cette formule, trois nouvelles séries de mesures, comportant environ chacune 200 rayons, ont été faites :

1° Une série à basse tension, où l'ampoule Coolidge produisant les rayons X était excitée sous 20000 volts. Les rayons X n'étaient filtrés que par le verre de l'ampoule et 50^{cm} d'air : le rayonnement se composait sans doute surtout du groupe L du tungstène et du fond continu jusqu'à 15000 volts. Le gaz de la chambre de détente était de l'hydrogène saturé de vapeur d'eau.

2° Une série à la tension de 45000 volts, avec comme filtres $0^{mm},3$ de fer, une solution de chlorure de baryum et 1^{mm} d'aluminium pour éviter le rayonnement secondaire des filtres. La partie principale du rayonnement devait être le fond continu de 30 à 35 kilovolts. Gaz en expérience : hydrogène avec 5 pour 100 d'argon.

3° Une série à haute tension, le tube étant excité à 100000 volts; un filtre de 2^{mm} de cuivre et 3^{mm} d'aluminium devait éliminer les radiations molles, ne laissant passer que les raies K du tungstène et le fond continu vers 70 kilovolts. Gaz en expérience : hydrogène avec 10 pour 100 d'argon.

Les résultats sont présentés ci-après sous forme de tableau. N_1, N_2, N_3 représentent les nombres de rayons des trois séries, groupés dans des intervalles de 10° autour de la valeur moyenne de θ inscrite dans la première ligne :

---

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 929-930.

θ.	170.	160.	150.	140.	130.	120.	110.	100.	90.	80.	70.	60.	50.	40.	30.	20.	10.
N_1....	1	1	1	4	6	8	19	23	**33**	**32**	22	18	19	11	2	0	0
N_2....	0	0	3	2	3	4	11	20	24	**36**	34	21	18	19	12	4	1
N_3....	0	0	0	0	3	7	9	16	22	**28**	**27**	24	22	11	5	2	0

Le déplacement du maximum avec la tension semble bien se produire dans le sens prévu : les θ_m observés (76°, 79°, 86°) ne diffèrent que peu des valeurs déduites de la formule (1) (75°-76°, 79°-80°, 84°-85°).

3. Le plus grand nombre de rayons étudié permet de préciser la répartition trouvée précédemment : en traçant les trois courbes correspondant aux tableaux, on voit que la répartition n'est pas tout à fait symétrique autour de θ_m : un ressaut, ou maximum secondaire, se manifeste pour des angles $\theta = 40$ à 50°. Pour l'expliquer on peut admettre la décomposition du nombre total de rayons en deux groupes, l'un comprenant 90 pour 100 des rayons se représentant facilement par une courbe en cloche symétrique, dont le maximum est donné par la formule (1), l'autre formant une petite courbe analogue, dont le maximum serait vers 50° : la superposition des deux courbes donne la répartition expérimentale. C'est sans doute à cette complexité qu'il faut rapporter les remarques de C. T. R. Wilson [1].

Pour préciser ces observations, des séries comportant un nombre notablement plus grand de rayons semblent nécessaires, l'effet des fluctuations de probabilité serait alors moins gênant.

PHYSIQUE. — *Sur la destruction du sulfure de carbone par les rayons ultra-violets.* Note de MM. **G. Bruhat** et **M. Pauthenier**, présentée par M. A. Cotton.

I. *Observations préliminaires.* — Au cours de certaines recherches sur le sulfure de carbone, effectuées avec des appareils dont l'optique est entièrement en quartz, notre attention a été attirée par le phénomène suivant : prenons comme source lumineuse un arc au mercure et formons son image sur la paroi d'une cuve à sulfure de carbone ; au bout de quelques secondes retirons la cuve et observons-la par réflexion : nous y apercevons, fixé sur la lame de quartz, un dépôt de soufre reproduisant une image parfaitement nette de l'arc.

II. *Étude spectrale du phénomène.* — L'image précédente est manifeste-

(1) C. T. R. Wilson, *Proc. Roy. Soc.*, A, 104, 1923, p. 1-24.

ment due à la destruction du sulfure de carbone aux points frappés par le rayonnement de l'arc. Il est intéressant de savoir comment les diverses radiations interviennent dans le phénomène. La première idée qui se présente est de former le spectre pur ultraviolet de l'arc au mercure sur la paroi de la cuve précédente. C'est ce que nous avons fait d'abord, en utilisant un spectroscope à prismes de quartz et à objectifs achromatiques quartz-spath.

Cependant, même après 4 heures de pose, on n'aperçoit rien. Mais démontons la cuve (collée à la gomme arabique) en la plongeant dans l'eau. De fines bulles adhèrent à la paroi à la place de certaines raies ultraviolettes particulièrement intenses. Faisons sécher la glace exposée au rayonnement : il suffit de souffler sur cette glace, du côté sulfure de carbone, pour y faire apparaître des raies. En ces points, la paroi a donc été modifiée : un révélateur approprié permettra de le manifester de façon durable.

Une méthode simple consiste à utiliser la facile réaction du soufre sur l'argent : avant de monter la cuve, nous recouvrons la glace de quartz d'une semi-argenture légère; cette couche est transparente à l'ultraviolet dans un domaine étendu et n'introduit aucune complication dans des expériences qualitatives.

III. *Observations qualitatives.* — Après quelques minutes d'exposition de la nouvelle cuve dans le plan du spectre pur ultraviolet, et en examinant l'argenture par réflexion, on voit cette fois apparaître en brun la plupart des raies ultraviolettes du mercure. Le « cliché » ainsi obtenu peut être photographié par réflexion; il peut aussi être titré en positif par transmission. Ces épreuves font d'ordinaire apercevoir de nouvelles raies que l'œil n'avait pas remarquées.

Les raies apparaissent d'abord du côté du quartz, c'est-à-dire du côté du rayonnement incident. Pour une argenture laissant passer, au maximum de transparence de l'argent, les deux tiers du rayonnement incident, les raies fortes deviennent visibles des deux côtés au bout d'une demi-heure environ; leur visibilité paraît en général atteindre son maximum au bout d'un temps de l'ordre de 2 heures. Le spectre visible est sans action, même en prolongeant la pose jusqu'à 6 heures; la première raie qui apparaît est la raie $\lambda = 366^{m\mu}$.

Nous avons examiné au microscope les diverses raies marquées sur la semi-argenture. Elles présentent en général une grande netteté. Pourtant la raie $\lambda = 366^{m\mu}$, quoique très forte, est toujours floue; elle est accompagnée de traînées brunes qui vont fort loin sur la plaque. Le sulfure de

carbone est encore peu absorbant pour cette raie; il est donc probable que les atomes de soufre sont libérés sur une profondeur notable, entraînés par les courants qui prennent naissance dans le liquide, et ne sont fixés par l'argent qu'à une certaine distance du lieu de destruction.

IV. *Observations quantitatives.* — Nous avons commencé à étudier par transparence, à l'aide d'un microphotomètre, les diverses raies de l'argenture. Pour la lumière verte du mercure, elles sont moins transparentes que l'argenture primitive.

Comme dans l'observation par réflexion, on constate que l'importance de la modification de l'argenture croît d'abord avec le temps, et atteint un maximum. Mais on constate de plus qu'en augmentant encore le temps de pose, l'opacité diminue. Ainsi en prenant une dispersion telle que les deux raies $\lambda = 3132$ Å et $\lambda = 3126$ Å aient une partie commune, et avec l'argenture déjà citée, pour une pose d'une demi-heure, l'opacité est plus grande dans la partie commune aux deux raies; pour une pose de 2 heures, au contraire, elle est plus petite dans cette partie commune que dans les parties latérales.

L'ensemble des phénomènes est certainement lié à l'absorption du sulfure de carbone : ils ne commencent qu'avec le début de la bande d'absorption et sont particulièrement marqués pour la raie $\lambda = 313^{m\mu}$, voisine d'un maximum de l'absorption. Cette absorption est encore assez mal connue au point de vue quantitatif. Il nous a donc paru indispensable de la déterminer d'abord avec précision afin de donner une base solide à l'étude quantitative de la destruction du sulfure de carbone, que nous venons de signaler dans ses grandes lignes. Ces mesures sont actuellement en cours.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'éthérification de quelques homologues du cyclohexanol.* Note de Mlle **Germaine Cauquil**, présentée par M. A. Haller.

Poursuivant l'étude, à 95°, de l'éthérification par l'acide acétique du cyclohexanol et de quelques-uns de ses dérivés substitués, j'ai soumis à l'expérience trois nouveaux systèmes :

1° Métaméthylcyclohexanol et acide acétique;

2° Paraméthylcyclohexanol et acide acétique;

3° Orthoéthylcyclohexanol et acide acétique.

Le métaméthylcyclohexanol et le paraméthylcyclohexanol ont été pré-

parés par la méthode indiquée par MM. Sabatier et Mailhe ([1]). L'orthoéthylcyclohexanol (P. E. : 55°-65° sous 4^{mm}) a été obtenu par le procédé indiqué par M. Godchot ([2]), lequel a été appliqué à ce cas particulier par M. Bedos en faisant réagir l'iodure d'éthylmagnésium sur l'éther oxyde du cyclohexène. Comme précédemment la limite est à peu près atteinte après 110 heures de chauffe.

Elle est égale en moyenne : pour le métaméthylcyclohexanol, à 53,10 pour 100; pour le paraméthylcyclohexanol, à 54,13 pour 100; et pour l'orthoéthylcyclohexanol, à 49,21 pour 100.

Dans le cas où initialement

$$C_1 = C_2 = 1 \quad \text{et} \quad C_3 = C_4 = 0,$$

j'ai obtenu les résultats suivants pour les valeurs expérimentales de x et les valeurs correspondantes de k_1 :

Pour le métaméthylcyclohexanol :

Temps.	Acide °/₀ éthérifié.	k_1.
h m		
1.00	6,8	0,060
3.00	9,08	0,0324
7.00	15,30	0,0260
11.00	19,10	0,0217
27.00	34,85	0,0214
35.30	41,11	0,0222
55.00	47,56	0,0220
78.00	51,44	0,0224
82.00	52,60	0,0230

D'où je déduis

$$k_1 \text{ moyen} = 0{,}0220, \qquad k_2 = 0.0171.$$

Pour le paraméthylcyclohexanol :

Temps.	Acide °/₀ éthérifié.	k_1.
h m		
7.00	13,73	0,0221
11.00	20,12	0,0232
27.00	35,92	0,0224
38.00	41,32	0,0213
50.00	45,40	0,0207
58.00	46,80	0,0206
71.00	50,70	0,0223
82.00	52,03	0,0200
95.00	53,20	0,0206
105.00	53,30	0,0210

([1]) *Comptes rendus*, t. **140**, 1905, p. 350.
([2]) *Bulletin de la Société chimique*, 4e série, t. **33**, 1923, p. 162.

Donc

$$k_1 \text{ moyen} = 0{,}0211; \quad k_2 = 0{,}0151.$$

Pour l'orthoéthylcyclohexanol :

Temps. h m	Acide °/₀ éthérifié.	k_1.
2.00	10,29	0,0610
17.00	31,50	0,0309
30.00	36,17	0,0216
42.30	40,97	0,0205
50.00	42,35	0,0191
66.30	46,23	0,0210
73.30	47,38	0,0215
97.00	48,55	0,0211

D'où

$$k_1 \text{ moyen} = 0{,}0208 \quad \text{et} \quad k_2 = 0{,}0221.$$

Ces résultats comparés avec les précédents (¹), dans lesquels la limite d'éthérification du cyclohexanol a été trouvée égale à 55,64, nous indiquent un abaissement de la limite de 5,79 pour la substitution d'un radical $(-CH^3)$ à un H en position ortho; de 2,54 pour une substitution en position méta; de 1,50 pour une substitution en position para.

Pour le diméthyl-1.3.4-cyclohexanol, l'abaissement observé a été de 8,14; or ces deux substitutions sont en position ortho et para par rapport au groupement caractéristique de la fonction alcool; si nous faisons la somme des valeurs observées : $5{,}79 + 1{,}51 = 7{,}30$, on constate que ce chiffre se rapproche assez de 8,14.

Pour l'orthoéthylcyclohexanol, l'abaissement est de 6,43. Cette valeur est très voisine de celle observée avec l'orthométhylcyclohexanol, elle lui est cependant supérieure de 0,64. Le radical $(-C^2H^5)$ a eu une influence comparable à celle du radical $(-CH^3)$ dans l'abaissement de la limite d'éthérification des dérivés substitués du cyclohexanol.

D'ailleurs Menschutkin (²) avait obtenu des résultats semblables. Ainsi, en passant du diméthylcarbinol dont la limite est 60,52 à l'éthylméthylcarbinol qui a pour limite 59,28, la variation de la limite d'éthérification est excessivement faible, comme dans le cas des alcools cyclaniques ici étudiés.

(¹) *Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 323.

(²) *Annales de Chimie et de Physique*, 5ᵉ série, t. **20**, 1880, p. 93.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la pluralité des métaphosphates alcalins insolubles.* Note de M. Paul Pascal, présentée par M. H. Le Chatelier.

Graham, Maddrell, puis Kurrol ont signalé la formation de métaphosphates alcalins insolubles aux dépens des phosphates acides ou ammoniacaux; mais, tandis que les deux premiers opéraient à température relativement basse, Kurrol partait d'un sel fondu au rouge qu'il laissait refroidir lentement; les auteurs venus à la suite ont souvent nié l'existence de la deuxième variété.

Nous allons montrer que la réalité est encore plus complexe; mais, par contre, nous préciserons exactement le mode de préparation, les propriétés et le domaine d'existence de cinq espèces de métaphosphates alcalins insolubles, formant deux groupes distincts.

1° La déshydratation du phosphate monosodique donne dès 250° un métaphosphate insoluble, auquel nous conserverons le nom de sel de Maddrell. L'eau, à 15°, n'en dissout pas 1^{dg} au litre et il en est de même des solutions salines, particulièrement de pyrophosphates et d'hexamétaphosphates; les sels de fer ou d'uranyle ne le transforment pas en complexes solubles.

Une température supérieure à 505° le fait passer à l'état de trimétaphosphate; il n'a donc pas de point de fusion propre. La transformation inverse n'a jamais pu être réalisée.

Le sel de Maddrell manque dans la série des métaphosphates de potassium. Même quand on décompose à 170° le phosphate monopotassique, on obtient seulement le trimétaphosphate, sans doute à cause de l'inversion dans l'échelle des températures du point de déshydratation et du point de transformation, normalement placés dans le cas du sodium.

2° Comme Kurrol l'avait déjà signalé, on peut obtenir un métaphosphate insoluble par fusion prolongée et cristallisation lente de l'hexamétaphosphate. Mais le procédé est capricieux et il vaut mieux partir, comme nous l'avons déjà dit, d'un monoalkylphosphate, qu'on pyrogène sans atteindre la fusion.

Cependant le trimétaphosphate de potassium, chauffé au-dessus de 320°, se transforme lui aussi en sel insoluble, mêlé d'un peu d'hexamétaphosphate.

Les sels de Kurrol sont solubles dans les solutions de pyrophosphates et d'hexamétaphosphates; nous avons décrit leurs complexes ferriques et

uranyliques. Mais leur caractère essentiel est leur allure colloïdale révélée par la viscosité des solutions salines et qui contraste curieusement avec leur structure nettement cristalline. Nous avons utilisé cette propriété pour l'étude de leurs transformations et tous les chiffres qui vont suivre donneront à 20° C. la viscosité en C. G. S. de solutions $\frac{2N}{100}$ en sel insoluble et $\frac{N}{10}$ en hexamétaphosphate.

Préparés à température aussi basse que possible, les sels de Kurrol possèdent une viscosité faible η_0, qui s'accroît par sauts brusques quand on élève la température et qu'on trempe le produit ainsi transformé. Elle atteint une valeur η_1 à la température θ_{0-1}, une valeur η_2 dès la température θ_{1-2}. Enfin le sel fond à une température φ toujours plus élevée que le point de fusion des sels solubles correspondants. Le liquide formé cristallise par refroidissement lent et le sel repasse par les états précédemment décrits; mais si l'on trempe rapidement ce liquide, il donne une masse vitreuse, craquelée, insoluble dans l'eau et cette fois dépourvue de viscosité dans les hexamétaphosphates; un réchauffement sans fusion fait réapparaître le caractère colloïdal.

Voici les températures des points de transformation, de fusion, de passage au trimétaphosphate θ, complétées par les viscosités :

	θ.	θ_{0-1}.	θ_{1-2}.	φ.	$10^4.\eta_0$.	$10^4.\eta_1$.	$10^4.\eta_2$.
Métaphosphate de sodium...	»	595°	725°	810°	213	338	674
Métaphosphate de potassium.	320°	420°	505°	838°	241	466	734

Ces transformations sont assez lentes, et leur réversibilité n'est pas toujours observable dans les sels de sodium; les phénomènes sont plus nets dans les dérivés du potassium, surtout en présence de traces du sel de plomb. Le passage à la viscosité maxima η_2 du sel vitreux est cependant rapide; de telle sorte qu'après avoir formé des germes dans ce dernier par un chauffage de quelques instants au-dessus de θ_{1-2}, un réchauffage à une température inférieure provoque la transformation intégrale, sans arrêt aux variétés de viscosité intermédiaire, bien qu'elles représentent les formes stables.

Un résultat curieux de cette étude est la possibilité d'obtenir deux métaphosphates liquides essentiellement différents en partant de l'hexamétaphosphate ou du sel de Kurrol. La transformation du premier dans le second est assez capricieuse et ne peut être réalisée qu'à l'état de surfusion, vers 550°; aux températures élevées de faibles traces d'hexamétaphosphate amorcent en effet la transformation du sel de Kurrol. Nous n'avons pu mettre en évidence l'existence d'une température de transition.

Nous avons donc reconnu quatre variétés réductibles l'une à l'autre des sels de Kurrol, dont la reproduction ne souffre plus aucune difficulté, et qui sont sans relation directe avec le sel unique de Maddrell.

On pourra noter que le caractère colloïdal accompagne toujours la structure cristalline et disparaît régulièrement dans les sels amorphes préparés aux températures extrêmes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les solutions de sulfate de calcium.* Note de MM. **Pierre Jolibois** et **L. Chassevent**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On sait depuis Marignac (¹) que le sulfate de calcium à $\frac{1}{2}H^2O$ est plus soluble dans l'eau que le sulfate à $2H^2O$. Ce dernier étant seul stable en présence de la solution, il en résulte que celle-ci est sursaturée dès que se trouve dissoute une quantité de sulfate supérieure à la solubilité de $SO^4Ca.2H^2O$. Nous avons cherché à préciser dans cet ordre d'idées quelques points qui peuvent faciliter la compréhension des phénomènes de la prise de plâtre.

Courbe de solubilité de $SO^4Ca.\frac{1}{2}H^2O$. — Bien que la solution de semi-hydrate ne soit pas stable on peut, en agitant vivement avec de l'eau pendant quelques minutes du sulfate de calcium anhydre préparé au-dessous de 300°, obtenir une solution saturée par rapport au sulfate semi-hydraté qui reste plusieurs minutes sans cristalliser (²). Il est ainsi possible de faire l'analyse de cette solution filtrée rapidement et de déterminer la courbe de solubilité de $SO^4Ca.\frac{1}{2}H^2O$.

Il est à remarquer que cette courbe prolongée au delà de 96° passe pour la température de 107°, par le point de solubilité commun au semi-hydrate et au bihydrate déterminé par Van't Hoff (³). Or nous avons constaté qu'au-dessus de cette température (⁴) la préparation de $SO^4Ca.\frac{1}{2}H^2O$ peut réussir en présence de vapeur d'eau; il est facile d'en conclure qu'en pré-

(¹) Marignac, *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. 1, 1874, p. 274.
(²) Jolibois et Chassevent, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 113.
(³) *Zs. für phys. Chem.*, t. 45, 1903, p. 268.
(⁴) Jolibois et Lefebvre, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1317.

sence de la solution la région de stabilité de $SO^4Ca.2H^2O$ cesse à 107° et que celle de $SO^4Ca.\frac{1}{2}H^2O$ commence à cette température.

Nous avons rencontré aux températures inférieures à 10° une difficulté dans l'exécution de la filtration qui nous a empêchés de prolonger avec autant de précision l'exécution des mesures. La vitesse d'apparition des cristaux dans les solutions sursaturées de sulfate de calcium augmente

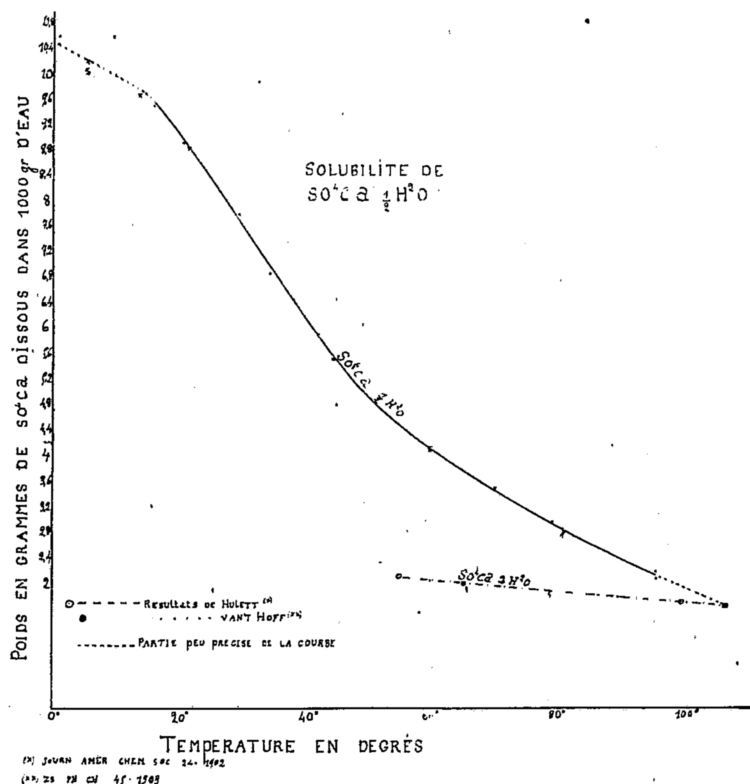


Fig. 1.

rapidement quand la température baisse. Ce phénomène est très général; c'est celui qu'on rencontre également dans les phénomènes de transformations allotropiques. La vitesse de retour d'une variété instable à l'état stable passe par un maximum en fonction de la température. Dans le cas présent la vitesse de formation de $SO^4Ca.2H^2O$ dans les solutions sursaturées est, comme toutes les vitesses de transformation, très faible à basse température, de plus elle s'annule au point de transformation de 107°, donc elle passe par un maximum situé au-dessous de cette température et dans toute une zone de température elle croît quand la température diminue.

Cristallisation du gypse. — La vitesse de cristallisation dépend de deux facteurs que l'on peut chercher à séparer : le pouvoir de germination spontanée et la vitesse d'accroissement des cristaux.

Nous avons étudié la cristallisation à la température de 16° en mesurant à chaque instant la concentration du liquide baignant les cristaux déposés.

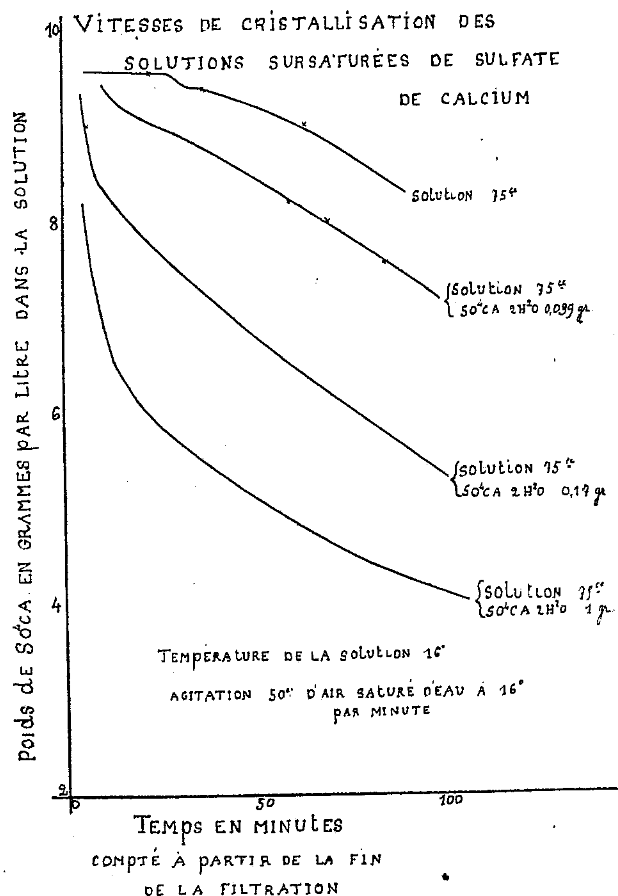


Fig. 2.

Quelles que soient les précautions prises (vases en paraffine, ultra-filtration sur collodion, filtration à l'abri des germes de l'air), nous n'avons pu conserver une solution sursaturée à 9g,6 par litre plus de 25 minutes sans que les germes commencent à apparaître.

L'introduction dans une telle solution de germes de $SO^4Ca.2H^2O$ a amorcé la cristallisation d'une manière active qui est fonction du poids de germes introduit

En ajoutant du sulfate anhydre calciné à différentes températures depuis 200 à 1000°, la forme de la courbe de cristallisation spontanée n'est pas modifiée. Il ne faut donc pas chercher dans les phénomènes d'amorçage de cristallisation l'explication des propriétés de prise du plâtre cuit à haute température. Il convient plutôt de penser que le plâtre cuit à des températures de plus en plus élevées se transforme de plus en plus lentement en semi-hydrate au contact de la solution par suite d'une diminution de la surface active, diminution commune à tous les corps qui ont subi une calcination.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les points de fusion des mélanges de camphène et de pinène.* Note de M. **E. Darmois**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note récente (¹) M. Austerweil attire l'attention sur le point de congélation des mélanges de camphène avec trois carbures dont l'α-pinène. Dans un travail déjà ancien (²), j'ai précisément étudié à ce point de vue les mélanges de camphène et d'α-pinène et montré que le point de fusion du camphène était abaissé d'une façon considérable par addition du deuxième carbure. J'en concluais : 1° que l'essence de térébenthine française ne contient pratiquement pas de camphène; 2° que les points de fusion bas des camphènes naturels s'expliquent par la présence d'impuretés dont la teneur n'a pas besoin d'être très élevée (*loc. cit.*, p. 534 et 562). Cette dernière conclusion est précisément celle de la Note de M. Austerweil.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un acétate basique de zinc analogue à l'acétate de glucinium.* Note (³) de M. **V. Auger** et Mlle **I. Robin**, présentée par M. G. Urbain.

On a observé, il y a déjà très longtemps, que l'acétate de zinc, chauffé au-dessus de 200°, fournit un distillat formé d'acétate de zinc mélangé aux produits de décomposition pyrogénée habituels : eau, acétone, acide acétique, etc. Larocque (⁴) a analysé le sublimat et constaté qu'il représente

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1174.
(²) *Thèse de doctorat* (1910), publiée par les *Annales de Chimie et de Physique*, 8ᵉ série, t. 22, 1911, p. 247.
(³) Séance du 14 avril 1923.
(⁴) Larocque, *Rec. trav. Soc. pharm.*, t. 1, 1847, p. 54.

un sel normal; il doit en être de même pour les autres acides, car l'un de nous, à l'occasion d'un travail sur le chlorure d'heptoyle, avait constaté la facile distillation de l'heptylate de zinc sous pression réduite et analysé le sel normal obtenu, soluble dans le benzène et cristallisant en lamelles soyeuses.

Dans le but de compléter cette étude, nous avons tout d'abord essayé de distiller l'acétate de zinc dans un vide très poussé, afin d'éviter autant que possible sa décomposition; les résultats furent très différents de ceux de nos prédécesseurs, car nous avons obtenu, à l'état pur, non pas le sel normal, mais un sel basique $Zn^4O(CH^3CO^2)^6$.

Dans une petite cornue réunie à une trompe à mercure par l'intermédiaire d'un tube contenant des morceaux de soude caustique, on chauffe au bain d'huile, vers 250°, de l'acétate de zinc anhydre. Le nouveau sel sublime dans la partie de la cornue située immédiatement au-dessus du bain, et il se produit une quantité notable d'acétone qu'on recueille au bas de la chute de mercure; dans la cornue reste une faible quantité de matière brune formée de carbonate de zinc et de produits charbonneux. Le sublimat est presque entièrement composé du nouveau sel, cristallisé en octaèdres transparents fusibles à 249°-250°, insoluble dans l'eau qui l'altère en donnant une poudre blanche, soluble dans le chloroforme et dans le benzène, décomposé par l'alcool absolu qui en dissout une partie pendant qu'il se forme des flocons blancs insolubles.

La différence de nos résultats et de ceux de nos devanciers tient évidemment à l'emploi du vide; nous pensons que l'acétate de zinc est dissocié à 250° en acide acétique et en acétate basique, et que ces produits se recombinent dans les parties froides du vide distillatoire dans le cas où l'on opère à la pression atmosphérique ou sous un vide modéré, tandis que si l'on élimine l'acide acétique par l'emploi d'un bon vide, ce phénomène de reconstitution du sel primitif ne peut avoir lieu que dans une très faible mesure. En effet, nous avons répété l'expérience de Larocque en distillant l'acétate anhydre ou cristallisé à $2H^2O$, à la pression ordinaire, et nous n'avons obtenu que du sel neutre, sublimé sous forme de lamelles transparentes fusibles à 229°, entièrement soluble dans l'eau; en opérant sous le vide de la trompe à eau, on obtient des mélanges en quantité variable des deux sels.

Le type salin de notre acétate basique n'est pas nouveau : Urbain et Lacombe [1] ont obtenu un acétate de glucinium $Gl^4O(CH^3CO^2)^6$ distillable sans décomposition, cristallisé en octaèdres. Lacombe [2] constate, par la suite, que tous les acides gras fournissent avec le glucinium des sels volatils du même type $Gl^4O(Ac)^6$, et cherche à généraliser ces résultats avec les sels

---

(1) Urbain et Lacombe, *Comptes rendus*, t. 132, 1901, p. 874.
(2) Lacombe, *Comptes rendus*, t. 134, 1902, p. 774.

de zinc, mais sans succès; il termine sa Note en ces termes : « Cette diatomicité (du Gl) me semble cependant insuffisante pour rapprocher le glucinium des sels de la série magnésienne, car en appliquant les réactions précédentes au zinc, j'ai obtenu des sels, volatils il est vrai, mais appartenant au type normal. »

Nos résultats permettent de retourner aujourd'hui cette proposition, et de considérer la formation d'acétate basique de zinc volatil comme un bon exemple d'analogie indiscutable entre le glucinium et le zinc. Nous avons l'intention d'étendre cette étude aux autres représentants du groupe des métaux bivalents, et en particulier au magnésium et au cadmium.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action du vide et de la chaleur sur l'hyposulfite et le sulfite de sodium hydratés.* Note de M. **Picon**, présentée par M. A. Haller.

En 1842, Rammelsberg indiqua que l'action d'une forte chaleur décomposait l'hyposulfite de sodium en donnant naissance à du soufre, du sulfate et un sulfure brun rouge; Pape en 1864, puis Letts en 1870 obtinrent le sel anhydre. Ultérieurement, Berthelot observa en 1883 que le sel hydraté se décompose par la vapeur d'eau lors d'un chauffage brusque à 200° et que le sel anhydre est stable dans une atmosphère d'azote jusqu'à 400°. Au-dessus de cette température, la décomposition fournirait les produits indiqués par Rammelsberg et la décomposition serait totale à 470°. Enfin, Jaques en 1903 mentionna qu'en chauffant le sel, directement dans un tube à essai, il se forme de l'hydrogène sulfuré, du soufre, du sulfite et du sulfate de sodium.

La discordance existant entre l'opinion des différents auteurs nous a engagé à reprendre l'étude de l'action de la chaleur sur l'hyposulfite de sodium, soit hydraté, soit sec.

L'hyposulfite s'altère très lentement pour une faible température. Le sel anhydre, chauffé dans le vide, est nettement transformé après un séjour de 5 jours à 120°, alors qu'on peut le laisser pendant un mois à 100° sans qu'il se modifie. Dans le premier cas, il se produit une très petite quantité de soufre sublimé.

Si l'on chauffe plus fort, la quantité de soufre augmente nettement à partir de 310°. Il se produit toujours des traces de sulfure et de sulfate, mais on obtient surtout une décomposition plus simple du sel en soufre et

sulfite de sodium conformément à l'équation suivante :



$$S^2O^3Na^2 = S + SO^3Na^2.$$

La transformation est cependant encore très lente à 345°. Après 3 heures à cette température, il ne s'est produit que 2 pour 100 de soufre et sulfite et 1,5 pour 100 de sulfure et sulfate; après 12 heures entre 355° et 365°, on retrouve 61,52 pour 100 de soufre et sulfite. Après 6 heures à 380°-385°, l'hyposulfite est complètement transformé, on obtient 19,09 pour 100 de soufre libre, 69,45 de sulfite, 8,54 de sulfate, 2,6 de polysulfure.

Si l'on porte le sel rapidement à une température supérieure à 400°, il se forme des proportions plus fortes des deux derniers sels. La teneur en sulfate atteint 57,76 lorsqu'on chauffe à 550°, alors que la transformation totale de l'hyposulfite d'après l'équation



$$4S^2O^3Na^2 = 3SO^4Na^2 + Na^2S^5$$

en fournit 67,40 pour 100. Cette dernière réaction est obtenue par une chauffe brutale à 600°, et telle qu'on arrive à cette température en 15 minutes. Le mélange contient alors en effet 66,95 pour 100 de sulfate de sodium. Un dixième seulement du soufre du polysulfure se trouve libéré et distille dans les parties froides de l'appareil.

Nous avons déterminé, en outre, que la transformation déjà connue du sulfite par la chaleur dans le vide, avec formation de sulfate et de sulfure, se produisait rapidement à 700°. Rappelons que l'équation est la suivante :

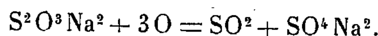


$$4SO^3Na^2 = 3SO^4Na^2 + Na^2S.$$

Si l'on chauffe à 300°, pendant 2 heures, de l'hyposulfite placé dans le vide et en le mettant en contact avec un courant de vapeur d'eau, on constate que l'attaque est à peu près nulle et qu'il se forme seulement des traces de soufre.

Si l'on opère à l'air, le sel anhydre à 100° paraît stable, tout au moins pendant un essai de 15 jours. A 120°, il se produit une réaction lente, mais complète en un mois; il se forme de l'acide sulfureux et du sulfate de sodium. Toutefois le sel contient une très petite quantité de soufre, ce qui indique que l'hyposulfite s'est décomposé préalablement en soufre et sulfite de sodium avant de donner, par oxydation à l'air, de l'acide sulfureux et du sulfate. Sauf en ce qui concerne la petite quantité de soufre qui a échappé à l'action de l'oxygène de l'air, la réaction est la

suivante :



$$S^2O^3Na^2 + 3O = SO^2 + SO^4Na^2.$$

Cette équation conduit au chiffre théorique de 89,96 pour 100 de sulfate de sodium; expérimentalement on trouve 89,95.

Donc, contrairement à ce qui a été indiqué, la vapeur d'eau ne décompose pas l'hyposulfite de sodium à 200° et le sel anhydre n'est pas stable jusqu'à 400°.

L'action peu prolongée de la chaleur jusqu'à 300° sur le sel hydraté en l'absence d'air se borne à une déshydratation. À 350°, avec le sel anhydre, il se produit une décomposition en soufre et sulfite de sodium. Cette transformation a lieu en réalité dès 120°, mais avec une extrême lenteur.

La décomposition de l'hyposulfite à une température aussi basse, avec formation de soufre, peut être rapprochée de la facilité avec laquelle ce sel agit comme sulfurant. Toutefois on ne peut préparer par simple action de la chaleur du sulfite de sodium pur, le meilleur rendement est d'environ 90 pour 100 de la valeur théorique, pour une température de 385°. C'est, qu'en effet, même dès 310°, température à laquelle la réaction précédente commence à avoir une vitesse sensible, il se forme aussi de petites quantités de polysulfure et de sulfate de sodium.

Les deux réactions sont donc simultanées, mais il paraît très probable que la décomposition de l'hyposulfite fournit toujours dans un premier stade du soufre et du sulfite, celui-ci se transformant ensuite en sulfate et sulfure.

La formule de constitution thiosulfurique donnée le plus souvent pour l'hyposulfite $SO^2(ONa)(SNa)$ ne peut rendre compte de la formation du soufre et du sulfite dès 120° et dans la proportion de 90 pour 100 avant 400°, il est donc nécessaire d'envisager aussi l'existence de la constitution suivante $S = SO(ONa)^2$.

La première formule a cependant été adoptée en 1920 par M. Pascal après l'étude de la susceptibilité magnétique des composés oxygénés du soufre; toutefois les chiffres donnés par ce savant, n'indiquent pas que, seule, cette constitution est possible.

L'étude de l'action de la chaleur ne peut certes pas permettre de conclure à la formule définitive de l'hyposulfite, mais elle nous paraît conduire, tout au moins, à envisager l'existence simultanée des deux constitutions indiquées ici. Une combinaison admettant la condensation de quatre molécules d'hyposulfite de sodium est aussi d'accord avec les faits expérimentaux.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Étude de la séparation de l'aluminium et du fer d'avec le zinc, le manganèse et le nickel par la méthode aux acétates.* Note de M. **A. Kling** et M. et Mme **A. Lassieur**, présentée par M. A. Haller.

Le présent travail a pour objet de fixer les conditions de la précipitation de l'aluminium et du fer par la méthode aux acétates et de leur séparation d'avec le zinc, le manganèse et le nickel.

L'acétate basique d'alumine ne précipite nullement d'une solution dont la réaction exprimée par la valeur de son P_H se tient au-dessous de 4,5. Pour obtenir une précipitation complète, il est indispensable que la solution précipitante présente un P_H au moins égal à 5,2. Une alcalinité même notable n'influe pas sur le poids du précipité, que nous avons pu former quantitativement au sein d'une solution de $P_H = 8,6$. Il faut noter que l'acétate basique est d'une filtration d'autant plus aisée, qu'il a été précipité d'une liqueur moins acide. Quand la solution est le plus acide possible ($P_H = 5,2$) il est à peu près impossible de filtrer, si l'on n'a pas la précaution d'ajouter avant précipitation une certaine quantité de papier filtre, et même dans ces conditions la filtration est très pénible.

Pour amener la solution à précipiter au degré d'acidité convenable, il est commode de suivre le virage du méthyl rouge, cet indicateur ayant sa teinte sensible comprise entre des valeurs de P_H allant de 5,2 à 5,6. Pour effectuer la précipitation, on amène le liquide en expérience à présenter un volume de 350^{cm^3}. On ajoute quelque peu de rouge de méthyle et 20^{cm^3} d'acétate de soude à 10 pour 100, puis assez d'une liqueur de soude pure pour obtenir la teinte sensible de l'indicateur, enfin une petite quantité de pulpe de papier. On fait bouillir durant 2 minutes, on filtre, on lave à l'eau chaude renfermant 1 pour 100 de nitrate d'ammoniaque, on calcine et on pèse.

Présence de métaux étrangers : Manganèse. — Une solution de manganèse ne renfermant que ce métal, ne commence à précipiter en milieu d'acétate que lorsqu'elle présente un P_H minimum de 6,5. Si l'on a en présence alumine et manganèse, en suivant les prescriptions indiquées ci-dessus, l'entraînement de manganèse est constant mais très faible et à peine pondérable. Si, au contraire, la solution est moins acide ($P_H = 6,4$ et au-dessus) l'entraînement devient très notable et une seule précipitation est insuffisante pour réaliser une séparation correcte.

Zinc. — En milieu d'acétate, le zinc commence à précipiter dès que la solution atteint le P_H de 6,0.

On voit donc qu'il n'existe qu'une marge très faible entre la réaction du milieu qui permet une précipitation intégrale de l'alumine et celle qui amène la précipitation commençante du zinc. Néanmoins, nous avons pu obtenir une séparation correcte en limitant strictement à 5,2 le P_H de la solution. Dans ces conditions, l'acétate basique d'alumine précipite seul, mais sous une forme si gélatineuse qu'on ne peut le filtrer, même avec le secours de la pulpe de papier.

De bons résultats sont obtenus en ajoutant à la solution une quantité importante de chlorure de sodium, qui amène le précipité sous une forme convenant à la filtration. L'abondance des sels alcalins en solution produit dans ce cas une surcharge de l'alumine qu'il faut redissoudre et précipiter à nouveau.

Nickel. — En milieu d'acétate, le nickel précipite à partir de $P_H = 6,10$, nous pouvions donc croire possible d'opérer dans le cas du nickel comme nous l'avons fait dans celui du zinc. Il n'en a rien été. Même en précipitant l'acétate basique d'alumine au sein d'une solution aussi acide que possible, l'entraînement du nickel est constant et important. Une double précipitation de l'alumine n'amène pas au but, car une notable quantité de nickel est encore entraînée. Il nous a fallu renoncer à cette séparation.

Précipitation du fer. — L'acétate basique de fer commence à précipiter dès que le P_H de la solution atteint 3,7; pour $P_H = 4,1$, la précipitation est complète.

Présence de métaux étrangers : Zinc. — Le zinc ne précipitant que pour un P_H de la liqueur au moins 6,0, on dispose d'une liberté suffisante pour réaliser la séparation d'avec le fer. Ici aucun indicateur ne peut être employé par suite de la couleur trop accusée de la liqueur. Des résultats convenables sont obtenus en ajoutant au liquide de la soude jusqu'à obtention d'une coloration brune, puis 10^{cm^3} de liqueur d'acétate de soude à 10 pour 100, complétant le volume à 300^{cm^3} et faisant bouillir 1 à 2 minutes.

Nickel. — Nous pouvons répéter pour le nickel ce que nous venons de dire pour le zinc. La séparation est faisable, mais il faut convenir que dans l'impossibilité où l'on se trouve d'utiliser un indicateur comme guide, l'opération est délicate et la méthode ne peut être considérée comme très sûre.

En résumé, la méthode aux acétates appliquée en milieu de P_H bien défini peut convenir pour séparer l'alumine du zinc et du manganèse.

En présence de fer, le procédé est délicat et même à rejeter si l'aluminium est en même temps en solution. Nous exposerons dans un autre recueil le détail de nos essais et les valeurs numériques obtenus.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur le traitement des houilles crues par la naphtaline liquide.* Note de MM. **Marcel Oswald** et **Robert Pinta**, présentée par M. Le Chatelier.

L'étude des interactions entre les houilles crues et la naphtaline liquide ou gazeuse a été entreprise dans un but industriel.

Certains résultats d'ordre scientifique ayant été obtenus sont brièvement résumés dans la présente Note.

L'emploi de la naphtaline comme dissolvant des houilles a été signalé par F. Fischer et W. Gluud ([1]). Ils spécifient que cet hydrocarbure leur semble très propre à l'extraction, mais présente de grandes difficultés de séparation entre le solvant et les matières extraites.

En fait, ces difficultés sont facilement surmontées. L'extraction a été accomplie dans un appareil à reflux et à la température d'ébullition de la naphtaline.

Les matières employées étaient : la naphtaline en boules du commerce, et des houilles de diverses provenances : Béthune, Lens, Petite-Rosselle, Merlebach (Lorraine).

Les opérations pouvaient être conduites à volonté dans l'air ou dans un gaz étranger (gaz carbonite ou azote).

Les résultats généraux suivants ont été observés :

1° *Pouvoir dissolvant.* — La naphtaline dissout certains constituants de la houille. Dans les meilleures conditions, le taux d'extraction a atteint 18 pour 100 de la houille mise en œuvre. La solubilité de l'extrait (même à 220°) reste faible; il en résulte que le poids de naphtaline à utiliser dépasse beaucoup le poids de la houille traitée (jusqu'à 200^g de dissolvant pour 5^g de houille).

Les courbes des taux d'extraction, en fonction du temps, montrent nettement l'existence d'une limite d'extraction.

2° *Influence de l'atmosphère en contact avec les houilles.* — A la température d'ébullition de la naphtaline, l'oxygène s'unit assez vite à certains constituants de la houille et en diminue la solubilité. Le gaz carbonique et l'azote sont sans action. Les meilleurs résultats, pour une houille donnée, correspondent à une extraction faite dans l'azote et en prenant une houille dont les parties superficielles, présumées oxydées dans l'air, ont été soigneusement éliminées.

Le poids total de la houille non dissoute et de l'extrait est toujours supérieur au poids de la houille initiale, même si toutes les opérations ont été faites dans le gaz carbonique ou l'azote. Le taux d'azote donné par l'analyse n'ayant subi aucune modification, il est probable qu'il y a condensation de certains éléments avec la naphtaline. Les teneurs de carbone et d'hydrogène de l'extrait sont toujours supérieures à celles de la houille initiale.

3° *Influence de l'ancienneté d'extraction de la houille.* — En abandonnant

([1]) *Gesammelte Abbandlungen zur Kenntnis der Kohle*, t. 1, 1917, p. 56 et 62.

longtemps à l'air à froid, de la houille finement pulvérisée, il y a oxydation et les portions ainsi oxydées donnent un taux d'extrait plus faible que lorsque l'oxydation n'a pu s'exercer. Dans le tableau ci-après, la houille ainsi oxydée (durée d'oxydation 6 mois) est désignée par le mot « surface », et la houille soigneusement protégée contre l'oxydation et prélevée au centre des blocs utilisés est désignée par le mot « cœur ».

4° *Propriétés des matières extraites.* — La coloration est brun foncé, plus claire que celle de la houille initiale. La composition de l'extrait révèle une richesse plus grande en carbone, hydrogène et matières volatiles. Les taux d'oxygène et de soufre ont baissé; le taux de cendres diminue fortement quand la prise a été faite sur l'extérieur des blocs. Au contraire, il a tendance à augmenter, quand on a pris les échantillons au cœur des blocs. Une partie de ces cendres vient d'ailleurs du dispositif (attaque de la cartouche filtrante à 220°). Nous pensons qu'il est possible d'arriver à un taux de cendres pratiquement nul.

La teneur en azote est la même dans les trois produits : houille initiale, extrait, résidu insoluble, à condition de rapporter les compositions au combustible sec et exempt de cendres.

Dans tous les cas, le pouvoir calorifique supérieur, rapporté à de la houille sèche et privée de cendres, est plus élevé pour l'extrait que pour la houille initiale (augmentation comprise entre 1 et 7,6 pour 100).

Nous avons rassemblé dans le tableau ci-dessous quelques résultats numériques dont l'examen confirme les résultats ci-dessus.

Provenance des houilles	Petite Rosselle.					Merlebach.			
Lieu de prise	Surface.		Cœur.			Surface.		Cœur.	
Durée d'extraction	14 h.		9 h. 30.		11 h. 30	12 h. 30.		12 h. 30.	
Atmosphère d'extraction	Air.		CO^2.		Azote.	Air.		CO^2.	
Extrait pour 100	6,3.		13,4.		18,3.	7,2.		11,8.	
Analyse.	Houille brute.	Extrait.	Houille brute.	Extrait.	Extrait.	Houille brute.	Extrait.	Houille brute.	Extrait.
Perte à 110° sur produit brut	2,3	2,6	2,85	2,0	0	2,9	2,1	4,1	1,9
Cendres (sur produit sec)	5,6	1,15	1,6	2,75	0,45	3,5	1,95	1,35	2,05
Sur produit sec et sans cendres — Matières volatiles	33,9	38,1	32,5	38,8	39,1	36,8	42,45	34,0	36,5
C	81,0	85,7	82,0	84,5	82,95	79,6	83,8	80,1	84,4
H	5,6	5,9	5,4	5,7	5,5	5,2	5,9	5,55	5,8
S	0,95	0,45	0,75	0,6	0,55	1,6	0,75	1,20	0,75
N	0,85	0,70	0,85	0,85	0,7	0,85	0,85	0,85	0,85
O par diff.	11,6	7,25	11,0	8,35	10,3	12,75	8,7	12,3	8,2
Pouvoir calor. sup.	7990	8120	7730	8275	7810	7860	8290	7730	8320
Pouvoir cal. sup. (prod. brut)	7380	7820	7390	7880	7780	7360	7960	7310	7980

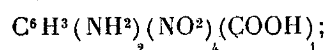
En résumé, l'extraction des houilles riches en matières volatiles est possible par la naphtaline à l'ébullition. La seule difficulté provient du poids important de naphtaline nécessaire à l'épuisement d'une quantité donnée de houilles. Cet inconvénient a d'ailleurs été rencontré pour tous les dissolvants utilisés jusqu'à présent pour les extractions des houilles.

Les produits dissous sont probablement constitués par des substances de condensation entre houille et naphtaline. Ils constituent d'ailleurs une substance intéressante au point de vue industriel, à cause de leur faible taux de cendres, de soufre, d'oxygène, de leur pouvoir calorifique élevé et des possibilités de les transformer en coke assez pur. Ce dernier pourrait donc être utilisé dans certaines industries chimiques, comme, par exemple, la réduction de minerais bien propres, ou la fabrication des carbures à haut degré de pureté.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouvel acide paraoxybenzoïque iodé.* Note de MM. **P. Brenans** et **C. Prost**, présentée par M. A. Haller.

Dans une précédente Communication ([1]), nous avons étudié l'acide paraoxybenzoïque iodé $C^6H^3\underset{3}{I}\underset{4}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$; la présente Note a pour objet de faire connaître l'autre isomère prévu par la théorie, l'isomère 1.4.2.

Nous l'avons obtenu en partant de l'acide nitroanthranilique



$$C^6H^3\underset{2}{(NH^2)}\underset{4}{(NO^2)}\underset{1}{(COOH)};$$

le sulfate du diazoïque de ce dérivé décomposé par l'iodure de potassium nous a fourni l'acide nitrobenzoïque iodé $C^6H^3\underset{2}{I}\underset{4}{(NO^2)}\underset{1}{(COOH)}$, qui a été réduit en acide aminobenzoïque iodé $C^6H^3\underset{2}{I}\underset{4}{(NH^2)}\underset{1}{(COOH)}$, le sulfate du diazoïque de cette base décomposé en solution aqueuse nous a donné l'acide paraoxybenzoïque iodé $C^6H^3\underset{2}{I}\underset{4}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$.

Nous indiquerons les conditions dans lesquelles ces réactions ont été effectuées et les propriétés des corps nouveaux.

Acide nitrobenzoïque iodé $C^6H^3\underset{2}{I}\underset{4}{(NO^2)}\underset{1}{(COOH)}$. — On diazote 10^g d'acide nitroanthranilique en opérant dans les conditions indiquées dans notre Note des *Comptes rendus* ([2]), mais en employant 20^g d'acide sulfurique.

([1]) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 768.
([2]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1010.

La diazotation terminée, on filtre la solution presque complète et on l'introduit dans une dissolution froide de 9g,20 d'iodure de potassium dans 25cm³ d'eau, préalablement additionnée de 20 gouttes d'acide iodhydrique.

L'acide nitrobenzoïque iodé précipite déjà à basse température; on achève la réaction en portant le mélange vers 40°. On refroidit la liqueur colorée par de l'iode qu'on enlève avec du gaz sulfureux, puis on recueille le produit brut. On distille les eaux mères aux deux tiers et le résidu abandonne encore un composé huileux qui cristallise. Le rendement total est de 14g. Pour purifier ce produit on le traite par l'eau chaude et l'on additionne le mélange d'un excès de carbonate de baryte. La solution obtenue, filtrée et évaporée, fournit le sel de baryum sous forme d'un composé jaune. Le sel est décomposé en solution aqueuse par l'acide chlorhydrique; l'acide nitrobenzoïque iodé ainsi obtenu pur est en aiguilles jaune pâle, fusibles à 142°, peu solubles dans l'eau froide, le benzène, plus solubles dans l'eau chaude et les solvants organiques.

Cet acide nitrobenzoïque iodé est identique à l'isomère préparé par MM. C. Willgerodt et R. Gartner (¹) en oxydant par l'acide azotique en tube scellé l'orthoiodoparanitrotoluène.

Acide aminobenzoïque iodé $C^6H^3\underset{2}{I}(\underset{4}{NH^2})(\underset{1}{COOH})$. — A une dissolution de 30g de protochlorure d'étain dans 75g d'alcool renfermant 5cm³ d'acide chlorhydrique, on ajoute peu à peu 11g,72 d'acide nitrobenzoïque iodé. On amorce la réduction en chauffant la liqueur vers 40°; dès lors, elle continue et la température de la solution s'élève vers 60°. La réaction terminée, on distille l'alcool, on transvase le résidu dans une capsule et on l'additionne à chaud de 25cm³ d'acide chlorhydrique. Par refroidissement, le sel d'amine et d'étain précipite en cristaux jaune clair; on le dissout dans 800cm³ d'eau chaude et on élimine l'étain de la liqueur par l'hydrogène sulfuré. La dissolution séparée du sulfure d'étain et distillée dans le vide fournit le chlorhydrate de l'acide aminobenzoïque iodé en aiguilles blanches, brillantes, qui s'altèrent déjà à 210° et très nettement à 220°.

La base s'obtient en ajoutant à une solution de 1g,50 du chlorhydrate dans 30cm³ d'eau bouillante la quantité nécessaire de soude diluée; par refroidissement de la liqueur, elle cristallise en aiguilles presque incolores, fusibles à 188° en se décomposant, solubles dans l'alcool, peu solubles dans le benzène.

Le sulfate est obtenu en ajoutant à une dissolution chaude du chlorhydrate la proportion nécessaire d'acide sulfurique dilué; aiguilles blanches, peu solubles dans l'eau.

Acide paraoxybenzoïque iodé $C^6H^3\underset{2}{I}(\underset{4}{OH})(\underset{1}{COOH})$. — On additionne 4g,50 du chlorhydrate de l'acide aminobenzoïque iodé de 100cm³ d'eau chaude; on ajoute au mélange peu à peu et en agitant 10g d'acide sulfurique qui détermine la dissolution du sel. On refroidit la solution à 0° tout en l'agitant afin que le sulfate précipite à l'état divisé; on coule lentement dans la bouillie cristalline une solution de 1g,15 de nitrite de soude dans 10cm³ d'eau. La diazotation terminée, on a une solution jaune du sulfate du

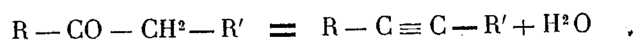
(¹) Wilgerodt et Gartner, *Berichte*, t. 41, (2), 1908, p. 2816.

diazoïque qu'on porte peu à peu à l'ébullition; de l'azote se dégage et la liqueur se trouble en prenant une odeur de phénol. Par refroidissement du mélange, l'acide phénol iodé apparaît sous forme d'un précipité cristallin jaunâtre. Pour le purifier on le traite par 80^{cm^3} d'eau chaude et un excès de carbonate de baryte; la solution du sel de baryum de l'acide paraoxybenzoïque iodé ainsi formé, séparée d'un peu de résine, est concentrée, puis on la laisse refroidir. On l'agite à trois reprises avec de l'éther qui enlève un peu de phénol et on la décompose par l'acide chlorhydrique. L'acide iodé précipité est dissous dans l'eau chaude et la solution colorée en jaune est additionnée de noir de sang; après un contact suffisant à chaud, la liqueur décolorée est filtrée. Elle laisse déposer à froid l'acide paraoxybenzoïque iodé en fines aiguilles, blanches, réfringentes, fusibles à 215° en se décomposant, assez solubles dans l'alcool, peu dans le benzène.

L'éther acétique $C^6H^3\underset{2}{I}(\underset{4}{OCOCH^3})(\underset{1}{COOH})$ obtenu avec l'anhydride acétique constitue des paillettes blanches, réfringentes, fusibles à 146°, peu solubles dans l'eau chaude, très solubles dans l'alcool et le benzène chaud d'où il cristallise à froid.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une déshydratation partielle d'aldéhyde et de cétones conduisant à des carbures acétyléniques.* Note de M. **Bourguel**, présentée par M. Haller.

On sait que s'il est relativement facile de passer des carbures acétyléniques aux cétones par hydratation de la triple liaison, le retour en sens inverse, la déshydratation des cétones



$$R-CO-CH^2-R' = R-C\equiv C-R'+H^2O,$$

n'a jamais pu être constatée jusqu'ici, directement du moins. Indirectement on y arrive cependant en traitant les cétones par le pentachlorure de phosphore, puis les chlorures obtenus par la potasse ou l'amidure de sodium.

Or, dans les produits de l'action de ce pentachlorure sur quelques aldéhydes et cétones, nous avons pu montrer qu'outre divers chlorures, il se forme des carbures acétyléniques : la molécule de cétone a perdu une molécule d'eau sous l'influence déshydratante de PCl^5. Cette production a lieu, il est vrai, en très petite quantité, mais, si minime qu'elle soit, la présence de ces carbures est un élément dont il faut tenir compte dans les hypothèses sur le mécanisme de la réaction des aldéhydes et cétones sur PCl^5.

Nous avons étudié un exemple de chacun des types suivants : RCHO, $R-COCH^3$, $RCO-C^2H^5$, $R-CO-C^3H^7$, $C^6H^5CO-CH^3$.

Pour exposer les résultats et écrire les formules, nous allons choisir l'exemple de la méthyl-*n*-propylcétone.

Quand on traite à froid une molécule de cette cétone par une molécule

de pentachlorure de phosphore on constate qu'il se forme au lieu du seul dérivé dichloré $C^3H^7 - CCl - CH^3$ théorique :

1° Un carbure acétylénique ($0^{mol},005$ env.) $C^2H^6 - C \equiv C - CH^3$;

2° Un chlorure éthylénique ($0^{mol},35$ env.) $C^2H^5 - CH = CCl - CH^3$;

3° Un dichlorure ($0^{mol},30$ env.) $C^2H^5 - CH^2 - CCl^2 - CH^3$;

4° Un autre dichlorure ($0^{mol},06$ env.) $C^2H^5 - CHCl - CHCl - CH^3$;

5° Un abondant dégagement de gaz chlorhydrique.

Une première façon de concevoir la production de ces différents corps est la suivante :

Le pentachlorure forme d'abord le dichlorure $C^3H^7 - CCl^2 - CH^3$; celui-ci, peu stable, va perdre spontanément une molécule d'hydracide, d'où le chlorure éthylénique. Ce dernier, en perdant à son tour une autre molécule, donne le carbure acétylénique.

La présence du dichlorure $C^2H^5 - CHCl - CHCl - CH^3$ est décelée par ce fait que la poudre de zinc et l'alcool au bain-marie donnent facilement le pentène β $C^2H^5 - CH = CH - CH^3$ à partir du mélange 3 et 4.

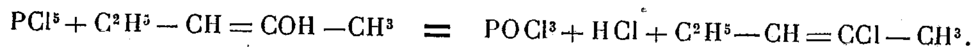
La production de ce carbure s'interpréterait ainsi : sous l'influence de la chaleur, il y a d'abord transposition moléculaire du dichlorure primitif en dichlorure d'éthylène; ou bien le corps instable formé après enlèvement des deux halogènes s'isomérise en pentène stable.

Ces explications ne sont pas satisfaisantes : Nous faisons remarquer que les départs d'hydracide invoqués devraient avoir lieu à froid, dans un milieu qui peu à peu se sature en gaz chlorhydrique; d'autre part, les chlorures en CCl^2, $CHCl - CHCl$, $CH = CCl$ sont parfaitement stables, on peut impunément les faire bouillir de longues heures sans décomposition. Cette stabilité s'accorde mal avec l'hypothèse précédente.

Nous pensons plus rationnelle une explication reposant sur l'hypothèse suivante : Deux formes isomères de la cétone coexisteraient en équilibre réversible. La forme cétonique et la forme énolique, la proportion en cette dernière étant aussi faible que l'on voudra, mais rétablie à chaque instant par le jeu d'un catalyseur.

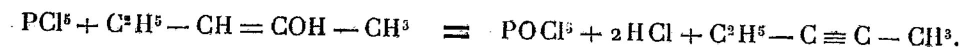
C'est cette forme énolique qui réagirait sur PCl^5. On aurait :

1° Une réaction principale : PCl^5 éthérifie l'oxhydrile



$$PCl^5 + C^2H^5 - CH = COH - CH^3 = POCl^3 + HCl + C^2H^5 - CH = CCl - CH^3.$$

2° En même temps PCl^5 déshydrate l'énol, facilement déshydratable comme tout l'alcool tertiaire



$$PCl^5 + C^2H^5 - CH = COH - CH^3 = POCl^3 + 2HCl + C^2H^5 - C \equiv C - CH^3.$$

Cette réaction est vraisemblable; on sait en effet que l'on déshydrate certains alcools à l'aide du mélange phosphore plus iode. On comprend, en outre, qu'il ne puisse exister que très peu de carbure acétylénique dans un milieu saturé d'acide chlorhydrique, celui-ci devant se fixer pour donner deux chlorures


$$C^2H^5-CH=CHCl-CH^3 \quad \text{et} \quad C^2H^5-CCl=CH-CH^3,$$

Nous pensons bien avoir décelé $C^2H^5-CCl=CH-CH^3$ que seule cette dernière réaction peut donner. Ainsi il se formerait intermédiairement plus de carbure acétylénique qu'il n'en subsiste à la fin.

3° Une partie du gaz chlorhydrique se fixe sur le chlorure éthylénique, ce qui peut se faire de deux façons dont la première doit être prépondérante :


$$C^2H^5-CH=CCl-CH^3+HCl = C^2H^5-CH^2-CCl^2-CH^3,$$

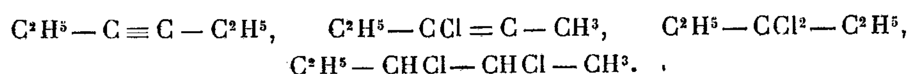
car le chlore doit se porter sur le carbone le moins riche en hydrogène. On aura aussi : $C^2H^5-CHCl-CHCl-CH^3$.

On trouve que ce dernier chlorure forme la cinquième partie du mélange des dichlorures.

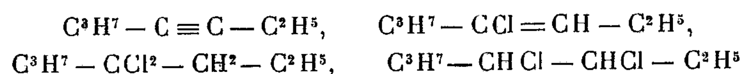
On voit ainsi expliquée, sans contradiction, l'apparition des différents corps et même leur importance relative.

Il est à remarquer que, dans toutes ces formules, nous avons mis la double liaison en β. Cela tient à ce que le carbure acétylénique est tout entier substitué. D'un autre côté, le carbure éthylénique obtenu par la poudre de zinc est le β-pentène. Il n'y a pas contradiction avec ce fait que l'amidure de sodium donne uniquement le pentine vrai car l'amidure transforme les carbures substitués en carbures vrais ainsi que MM. Meunier et Desparmet l'ont annoncé et que nous l'avions nous-même trouvé avant la publication de leur méthode (1).

La propione $C^2H^5-CO-C^2H^5$ conduit aux mêmes résultats; soit


$$C^2H^5-C\equiv C-C^2H^5, \quad C^2H^5-CCl=C-CH^3, \quad C^2H^5-CCl^2-C^2H^5,$$
$$C^2H^5-CHCl-CHCl-CH^3.$$

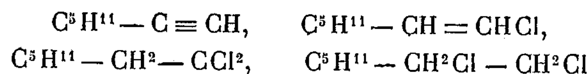
La butyrone $C^3H^7-CO-C^3H^7$ donne aussi :


$$C^3H^7-C\equiv C-C^2H^5, \quad C^3H^7-CCl=CH-C^2H^5,$$
$$C^3H^7-CCl^2-CH^2-C^2H^5, \quad C^3H^7-CHCl-CHCl-C^2H^5$$

qui mène au γ-heptène.

(1) Séance de la Société chimique du 22 février 1924 (*Bull. Soc. chim.*, t. 35, 1924, p. 442-443).

L'œnanthol $C^5H^{11}CH^2CHO$ fournit



$$C^5H^{11}-C\equiv CH,\qquad C^5H^{11}-CH=CHCl,$$
$$C^5H^{11}-CH^2-CCl^2,\qquad C^5H^{11}-CH^2Cl-CH^2Cl$$

qui conduit à l'α-heptène.

Par contre, ni l'acétophénone $C^6H^5-CO-CH^3$, ni la propiophénone $C^6H^5-CO-C^2H^5$ ne donnent de carbure acétylénique. Cela ne surprend qu'à moitié : dans ces deux derniers cétones, le groupement fonctionnel est, en effet, lié au noyau benzénique. On sait que ce voisinage modifie quelque peu la physionomie des cétones (par exemple, absence de dérivé bisulfitique pour l'acétophénone).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hypothèse sur les relations d'origine entre les terpènes et les acides cristallisés constituant les résines de conifères.* Note de M. **Georges Dupont**, présentée par M. A. Haller.

On sait que les résines de conifères sont constituées par une dissolution d'acides résiniques cristallisables dans une huile essentielle, l'essence de térébenthine.

Celle-ci est constituée, en presque totalité (90 à 95 pour 100 en général), de terpènes isomères de formule brute $C^{10}H^{16}$, tandis que les acides résiniques sont constitués, presque uniquement, d'isomères de formule $C^{20}H^{30}O^2$.

Ces deux groupes de corps sont si intimement associés dans les résines de conifères, que l'on est naturellement conduit à leur attribuer une origine commune. La parenté de leur formule peut s'exprimer par la relation



$$2C^{10}H^{16}+3O = C^{20}H^{30}O^2+H^2O.$$

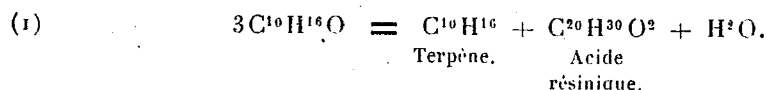
Mais quelle est, plus intimement, la relation qui doit exister entre ces corps?

Des recherches de Köhler (¹) il semble résulter que les acides résiniques proviennent d'une matière mère aldéhydique, de formule $C^{10}H^{16}O$, sécrétée par les cellules résinogènes. Les raisons que nous allons développer nous ont conduit à admettre que les carbures térébenthéniques proviennent de la même origine. Nous formulerons notre hypothèse comme il suit :

La cellule résinogène sécrète une ou plusieurs combinaisons de formule $C^{10}H^{16}O$. Ces matières mères sont réduites, par une diastase, à l'état de

(¹) *Journ. für prakt. Chem.*, t. 85, 1911, p. 523.

carbure $C^{10}H^{16}$ tandis que l'atome d'oxygène, agissant sur deux autres molécules de la matière mère, conduit aux acides résiniques suivant la réaction globale



$$(1)\qquad 3C^{10}H^{16}O = \underset{\text{Terpène.}}{C^{10}H^{16}} + \underset{\text{Acide résinique.}}{C^{20}H^{30}O^2} + H^2O.$$

Cette hypothèse exprime une parenté entre les terpènes et les acides résiniques qui, en dehors des relations des formules, implique un certain nombre de conséquences que nous allons chercher à vérifier :

1° D'après l'équation (1), pour 1^{mol} d'essence (136^g) nous devons avoir 1^{mol} d'acide résinique (302^g), en sorte que la térébenthine épurée doit contenir 31 pour 100 d'essence et 69 pour 100 d'acides résiniques (colophane).

Ce sont, très sensiblement, les proportions que l'on extrait de la gemme récoltée à l'abri de l'air (afin d'éviter l'évaporation de l'essence).

2° Nous avons précédemment montré (1) que les fractions terpéniques de l'essence de térébenthine du pin maritime contiennent, sensiblement, 70 pour 100 de pinène et 30 pour 100 de nopinène. On doit, logiquement, admettre que la matière mère comporte deux formes isomères présentes dans les mêmes proportions : 70 pour 100 d'une matière PHO mère du pinène et 30 pour 100 d'une matière NHO mère du nopinène.

Par suite nous devons avoir, *au minimum* (car il peut exister en outre des cas d'isomérie provenant de la façon dont la combinaison s'effectue), quatre acides résiniques, correspondant aux combinaisons possibles des deux sortes de molécules et de l'atome d'oxygène, et ces quatre acides, si aucune action sélective n'a lieu, doivent se trouver dans les proportions suivantes :

Acide $P.PO^2$	70^2	soit	49	pour 100
» $N.PO^2$	70×30	»	21	»
» $P.NO^2$	70×30	»	21	»
» $N.NO^2$	30^2	»	9	»

Or, une étude précédente du galipot du pin maritime (2) nous a conduit à la composition approximative suivante :

Acide dextropimarique	11	pour 100
Acide lévopimarique	21	»
Acides sapiniques	68	»

(1) *Chimie et Indust.*, vol. 8, 1922, p. 549.
(2) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 29, 1921, p. 718.

L'acide dextropimarique doit donc s'identifier avec l'acide $N.NO^2$; l'acide lévopimarique avec $P.NO^2$ et les acides sapiniques avec les deux autres constituants prévus. Ces résultats correspondent assez bien à ceux que laisse prévoir notre théorie, et vont être confirmés par ce qui va suivre.

3° *Les acides pimariques* et en particulier l'acide dextropimarique, le plus aisé à isoler, ne doivent se rencontrer que dans les térébenthines contenant du nopinène et seulement dans celles-là. En effet, l'acide dextropimarique a été trouvé dans les térébenthines du pin maritime, du pin sylvestre et du longleaf-pine américain; or, ces trois térébenthines fournissent des essences relativement riches en nopinène; il en existe de faibles quantités dans le galipot de pin laricio dont l'essence ne contient que de très faibles quantités de nopinène. En revanche, nous n'avons pu trouver de traces d'acide dextropimarique dans le galipot du pin d'Alep dont l'essence est, par ailleurs, absolument exempte de nopinène.

4° L'essence d'Alep ne contient qu'un seul terpène, le pinène; notre hypothèse nous conduit à penser que le galipot d'Alep ne doit contenir qu'un seul acide (1). L'expérience nous a, en effet, permis de vérifier (2) que ce galipot ne contient qu'un seul acide térébenthénique primaire, l'acide alépique, et que cet acide s'identifie avec l'acide sapinique dominant de la gemme de Laricio et, sans doute, avec celui de la gemme de pin maritime.

Les vérifications qui précèdent nous permettent donc de conclure que les carbures terpéniques et les acides résiniques semblent bien être formés par la transformation diastasique d'une même matière mère sécrétée par les cellules résinogènes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la dissociation pyrogénée des carbures acycliques.* Note (3) de MM. **H. Gault**, **Frédéric-A. Hessel** et **Yervante Altchidjian**, présentée par M. A. Haller.

La dissociation pyrogénée des carbures d'hydrogène présente un grand intérêt au double point de vue scientifique et technique et il est à peine besoin de rappeler l'importance capitale que le « cracking » a pris depuis quelques années dans l'industrie du pétrole.

(1) Cette conclusion n'est d'ailleurs pas obligatoire, car la diastase pourrait donner naissance à plusieurs isomères.

(2) *P.-V. des séances de la Société des Sciences de Bordeaux*, 3 avril 1924.

(3) Séance du 24 mars 1924.

Il est logique de chercher à établir le mécanisme et la dissociation des hydrocarbures en s'adressant en premier lieu à des termes définis. Or les multiples recherches effectuées dans cette voie portent presque exclusivement sur les huiles elles-mêmes et plus spécialement sur certaines des fractions qu'elles fournissent à la distillation, c'est-à-dire sur des mélanges complexes d'hydrocarbures appartenant à diverses séries.

Les travaux publiés sur la dissociation pyrogénée des carbures purs sont extrêmement peu nombreux et, d'autre part, ils portent à peu près exclusivement sur les carbures légers; dans ce dernier cas le problème est, en effet, plus facile à résoudre; mais, par contre, il ne présente qu'un intérêt limité en ce qui concerne le cracking proprement dit.

Dans ces conditions, nous avons entrepris une étude systématique de la dissociation pyrogénée des carbures purs, en nous limitant aux termes renfermant *au moins* 16 atomes de carbone.

Nous nous sommes proposé, en particulier, de chercher à préciser le rôle que jouent sur la dissociation pyrogénée les facteurs habituels d'ordre physique (température, régime de chauffage, pression, etc.), et d'ordre chimique (catalyseurs, constitution des carbures, etc.).

Nous avons jusqu'à présent étudié l'influence qu'exercent sur la dissociation, les facteurs suivants :

1° Température,

2° Débit du liquide introduit,

3° Longueur de chauffe.

Les deux premiers facteurs fixent la vitesse d'écoulement des vapeurs. Dans leur ensemble, les trois facteurs fixent la quantité de chaleur cédée à l'unité de volume des vapeurs, c'est-à-dire, en somme, le paramètre fondamental du cracking.

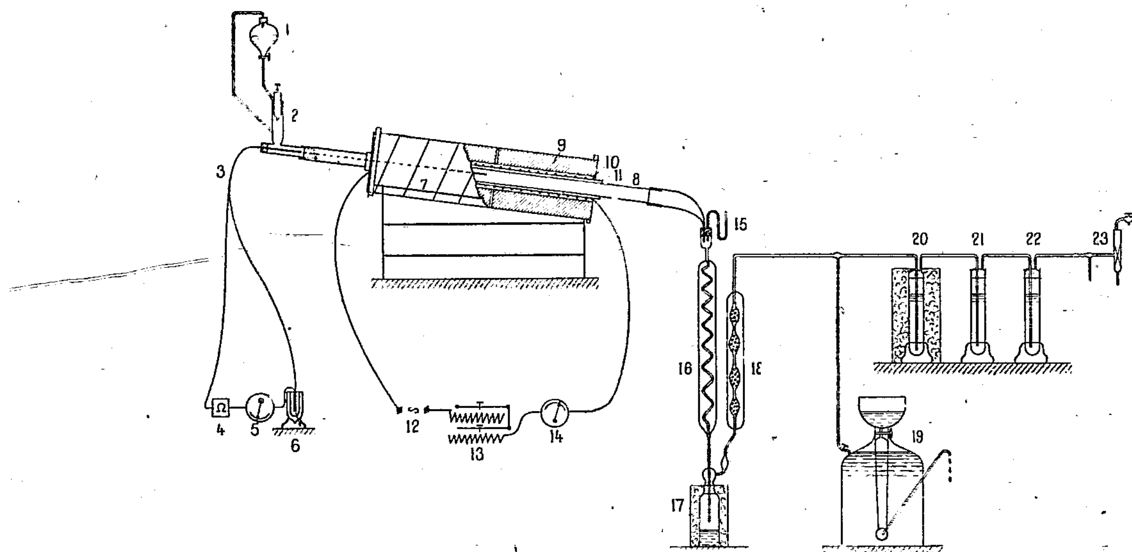
Nous avons construit quatre fours électriques à résistance, de section constante et de longueurs totales croissantes : 16^{cm}, 32^{cm}, 48^{cm}, 64^{cm}, les longueurs réelles de chauffe correspondant au régime thermique normal n'étant évidemment pas entre elles dans les mêmes rapports 1, 2, 3, 4 que les longueurs totales des quatre fours.

La figure ci-après représente un four muni de tout l'appareillage accessoire : pince thermo-électrique, dispositif d'écoulement, appareils de condensation, etc.

L'hydrocarbure liquide ou préalablement liquéfié est introduit par l'intermédiaire du robinet de réglage dans le tube four, les vapeurs formées sont

condensées dans deux réfrigérants et le liquide obtenu se rassemble dans un récipient maintenu à 0°.

Les gaz non condensés sont recueillis dans un gazomètre en vue de leur analyse ou passent à travers des barboteurs à brome, pour l'étude des gaz non saturés.



1, réservoir; 2, robinet à pointeau; 3, pince thermo-électrique; 4, résistance fixe; 5, microampèremètre; 6, vase Dewar; 7, four électrique; 8, tube en quartz; 9, revêtement réfractaire; 10, fil de nichrome; 11, tube en porcelaine; 12, courant de chauffage; 13, résistance variable; 14, ampèremètre; 15, manomètre; 16, réfrigérant descendant; 17, collecteur de liquide; 18, réfrigérant ascendant; 19, gazomètre; 20-21, barboteurs à brome; 22, barboteur à potasse; 23, trompe à eau.

Nous avons dirigé nos premières recherches sur deux carbures acycliques en C^{16}, l'*hexadécène* et l'*hexadécane*.

Hexadécène. — Nous avons préparé l'hexadécène à l'aide de la méthode de Krafft légèrement modifiée, en distillant, sous une pression de 330-335^{mm} de mercure, le palmitate de cétyle commercial (blanc de baleine). Il se forme de l'acide palmitique et de l'hexadécène suivant l'équation



$$C^{16}H^{31}O^{2}C^{16}H^{33} = C^{16}H^{32}O^{2} + C^{16}H^{32}.$$

Pour séparer les deux constituants l'un de l'autre, il suffit de distiller le mélange et de purifier l'hexadécène brut par épuisements à l'alcool, neutralisation à la potasse et enfin lavages à l'eau.

Hexadécane. — L'hydrogénation de l'hexadécène par la méthode que Brochet [1] a indiquée pour l'octène I, c'est-à-dire par action de l'hydrogène sous pression en présence de nickel activé, conduit immédiatement à l'hexadécane.

Le nickel activé est préparé au moyen du formiate de nickel, que l'on réduit par chauffage à 250° dans une solution d'hexadécène. On hydrogène dans une petite bombe de 2 litres dans laquelle on introduit 31^{g} de catalyseur et 400^{cm^3} d'hexadécène dissous dans 400^{cm^3} d'éther. On remplit la bombe d'hydrogène jusqu'à ce que la pression monte à 25^{kg}, puis on la monte sur un chariot mobile auquel on imprime un mouvement rapide de va-et-vient à l'aide d'un moteur électrique. En 35 minutes la pression tombe à 2^{kg} en même temps que la température s'élève notablement. On arrête le moteur et après refroidissement, on recharge en hydrogène jusqu'à ce que la pression remonte à 25^{kg}. Après une nouvelle agitation, la pression diminue encore de quelques kilos sans échauffement notable, puis reste constante. On évapore l'éther, filtre le catalyseur et rectifie l'hexadécane obtenu par distillation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Obtention de carbures deux fois acétyléniques vrais.* Note de M. **Lespieau**, présentée par M. Haller.

Le bipropargyle est le seul carbure deux fois acétylénique vrai qui ait été isolé. Or, ayant obtenu assez facilement les carbures acétyléniques vrais en utilisant comme point de départ l'action du propylène dibromé



$$CH^2=CBr.CH^2Br$$

sur les dérivés magnésiens [2], j'ai pensé que si l'on employait des dérivés dimagnésiens on pourrait de la même façon arriver aux composés diacétyléniques.

Pour le vérifier j'ai attaqué des copeaux de magnésium au sein de l'éther par le bromure de pentaméthylène, puis la solution obtenue a été versée dans un ballon contenant du dibromopropylène en excès étendu d'éther. Jusqu'à la fin de l'addition une réaction assez vive se manifeste, on abandonne ensuite le tout une dizaine d'heures, et alors on distille ce qui veut passer au bain-marie. Ceci fait, on rajoute de l'éther et de l'eau acidulée, puis on extrait à l'éther. Ce solvant ayant été chassé, on se trouve en présence d'un liquide que l'on soumet à la distillation sous 10 à 15^{mm} de pression.

Les premières gouttes passent vers 30°, les dernières vers 300°. Il a fallu des fractionnements extrêmement nombreux pour arriver à isoler des

(1) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 190.
(2) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1584.

produits définis, et il est probable que les composés présents n'ont pas tous été isolés.

Voici la liste des corps que l'on a pu bien-caractériser :

1°	bouillant à	36°	sous	10^{mm}	le propylène dibromé $CH^2 = CBr.CH^2Br$
2°	»	60-61	»	10	le bromooctène $CH^3(CH^2)^5CBr = CH^2$
3°	»	90-91	»	11	le dibromure de pentaméthylène $CH^2Br(CH^2)^3.CH^2Br$
4°	»	120-121	»	11	l'alcool $CH^2 = CBr(CH^2)^5CH^2OH$
5°	»	150-151	»	11	le bromure diéthylénique $CH^2 = CBr.(CH^2)^7.CBr = CH^2$
6°	»	200-202	»	10	» » $CH^2 = CBr.(CH^2)^{12}.CBr = CH^2$.

Le premier de ces corps a été caractérisé par son odeur, par la formation d'allène sous l'action de la poudre de zinc et de l'alcool, et par la cryoscopie.

Pour le second composé, la cryoscopie a indiqué un poids moléculaire de 199 au lieu de 191. A 20° sa densité a été trouvée égale à 1,158 et l'indice (raie D) 1,4715. On déduit de ces nombres une réfraction moléculaire 46,06, la théorie exigeant 46,407. Le dosage de brome a donné 42,91 au lieu de 41,88. Il a été difficile d'obtenir ce corps suffisamment pur, car il est accompagné de composés plus bromés dont la distillation ne permet pas de le séparer complètement. On a réussi à éliminer ceux-ci en attaquant le mélange à froid par du méthylate de sodium qui a agi seulement sur les bromures saturés présents ici. Ce composé fixe facilement le brome.

Le troisième corps, qui ne fixait pas le brome, a été identifié par comparaison avec le bromure servant de point de départ et par la cryoscopie.

Le quatrième corps n'est présent qu'en quantité minime. Il fixe le brome. Sa cryoscopie indique un poids moléculaire égal à 211 (théorie 207). Brome trouvé 39,9 au lieu de 39,989. A 21° sa densité est 1,272 et son indice 1,499, d'où une réfraction moléculaire 47,80 (théorie 47,93). En vue de caractériser sa fonction alcool on a fait sa phényluréthane par action du carbanile; celle-ci fond à 52°,5-53°,5; on y a trouvé 25,07 pour 100 de brome au lieu de 24,54.

Le cinquième corps fixe le brome; la cryoscopie lui assigne un poids moléculaire de 323 (théorie 310); on y a trouvé 51,06 pour 100 de brome au lieu de 51,61. A 25° sa densité est 1,359 et son indice 1,504, d'où une réfraction moléculaire 67,54 (théorie 67,69).

Le sixième corps, qui cristallise quand on le refroidit par la glace salée, fond vers — 5°. Il fixe le brome. On y a trouvé 42,6 pour 100 de ce métalloïde au lieu de 42,10. Poids moléculaire cryoscopique 400 (théorie 380).

A 20°, densité 1,221, indice 1,497, d'où réfraction moléculaire 91,07 au lieu de 90,71.

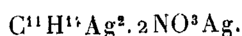
La présence des produits 1 et 3 s'explique d'elle-même, puisque ce sont les corps mis en œuvre. Le produit 2 provient de l'action du propylène dibromé sur une seule extrémité du dérivé dimagnésien. La formation du produit 4 s'explique en admettant une oxydation partielle du dérivé dimagnésien lors de sa décantation. Le produit 3 est celui attendu normalement, et c'est aussi celui qui prédomine. Quant au produit 6 il provient du fait, qui a été déjà signalé, que lors de l'action du bromure de pentaméthylène sur le magnésium il se fait aussi du bromure de décaméthylènemagnésium. Du composé 2, qui n'avait pas encore été décrit, M. Bourguel, dans mon laboratoire, a pu passer avec un rendement de plus de 70 pour 100 à l'octine vrai bouillant à 125°, 5-126°, 2, en l'attaquant par l'amidure de sodium.

Comme ce réactif paraît se montrer peu propre à l'obtention de corps diacétyléniques vrais, j'ai attaqué le composé 5 au bain-marie, par de la potasse alcoolique. J'ai obtenu ainsi, avec un bon rendement, l'undécadiine



$$CH \equiv C(CH^2)^7 C \equiv CH,$$

liquide dont l'odeur rappelle celle de l'orange ou celle du dyphénylméthane, bouillant à 82°,5-83° sous 12^{mm} et fondant à —17°. A 21°, densité 0,8182 et indice 1,453, d'où une réfraction moléculaire égale à 48,89 (théorie 48,96). Ce corps précipite le chlorure cuivreux ammoniacal en jaune et le nitrate d'argent alcoolique en blanc. La teneur en argent de ce précipité a été trouvée égale à 60,64 pour 100, la théorie voulant 61,53 pour



$$C^{11}H^{14}Ag^2.2NO^3Ag.$$

Le produit 6 traité comme le précédent a donné des cristaux qu'on peut purifier par distillation (152°-155° sous 12^{mm}), mais qu'il vaut mieux laisser séjourner sur une assiette poreuse, puis faire recristalliser par refroidissement d'une solution dans l'alcool chaud. Si la solution n'est pas trop concentrée ils se déposent sous forme de paillettes brillantes rappelant l'acide borique. Ils sont constitués par l'hexadécadiine



$$CH \equiv C(CH^2)^{12} C \equiv CH,$$

fondant à 44°-45°. Ce corps précipite les réactifs des composés acétyléniques comme le précédent. Dans le précipité argentique on a trouvé 55,59 pour 100 d'argent, la théorie exigeant 55,95 pour un composé argentique additionné de deux molécules de nitrate d'argent.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Mesures magnétiques dans le sud de la France.* Note de M. **Albert Baldit**, transmise par M. Daniel Berthelot.

Les mesures actuelles, suite de nos déterminations de 1921 et 1922 ([1]), ont été effectuées pendant les mois de mai, juin et juillet 1923; elles intéressent 7 départements (Ardèche, Aveyron, Gard, Hérault, Loire, Lozère, Rhône) et 47 stations, dont 14 avaient été déjà visitées par Moureaux, 18 par Mathias, 1 par Moureaux et Mathias (Capdenac); 14 sont nouvelles.

Le tableau suivant donne les valeurs des éléments ramenés au 1er janvier 1922. Les noms des stations nouvelles figurent en italiques.

Stations et Départements.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
Annonay (Ardèche)	10°37′,1	61°23′,0	0,21494	presque calme
Largentière (Ardèche)	10.42,9	60.47,4	0,21805	calme
Tournon (Ardèche)	10.32,1	61.11,0	0,21581	calme
Les Vans (Ardèche)	10.44,3	60.38,5	0,21856	calme
Aubrac (Aveyron)	10.11,9	60.56,5	0,21321	calme
Bionnac (Aveyron)	11.19,6	60.53,5	0,21736	calme
Bouloc (Aveyron)	11.15,4	60.32,2	0,21904	calme
Capdenac (Aveyron)	11.41,5	61.00,2	0,21681	un peu agitée
Curan (Aveyron)	11.16,0	60.31,7	0,21899	calme
Espalion (Aveyron)	11.18,5	60.54,8	0,21725	agitée
Laissac (Aveyron)	11.19,7	60.44,3	0,21794	calme
Prades (Aveyron)	11.18,6	60.35,8	0,21865	presque calme
Saint-Affrique (Aveyron)	11.15,4	60.22,3	0,22012	presque calme
Saint-Chély-d'Aubrac (Aveyron)	11.26,5	61.01,5	0,21823	presque calme
Salgues (Aveyron)	11.20,3	60.59,3	0,21698	presque calme
Séverac-le-Château (Aveyron)	11.12,4	60.39,4	0,21843	presque calme
Villefranche-de-Rouergue (Aveyron)	11.42,0	60.47,7	0,21798	calme
Alais (Gard)	10.46,2	60.21,4	0,22096	un peu agitée
Albaron (Gard)	10.31,2	59.53,2	0,22265	un peu agitée
Beaucaire (Gard)	10.28,4	60.04,7	0,22156	très agitée
La Grand-Combe (Gard)	10.42,9	60.27,2	0,21962	presque calme
Nîmes (Gard)	10.36,9	60.04,1	0,22152	un peu agitée
Agde (Hérault)	10.53,0	59.44,1	0,22368	calme
Béziers (Hérault)	10.59,3	59.43,0	»	calme
Clermont-l'Hérault (Hérault)	10.57,6	59.58,8	0,22209	calme
Frontignan (Hérault)	10.50,7	59.47,2	0,22382	calme

([1]) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 827.

Stations et Départements.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
Lodève (Hérault)	11.02,5	60.11,3	0,22082	agitée
Maguelone (Hérault)	10.47,5	59.55,6	0,22262	un peu agitée
Montpellier (Hérault)	10.48,0	59.58,6	0,22233	un peu agitée
Roujan (Hérault)	11.00,4	59.52,3	0,22290	calme
Saint-Pons (Hérault)	11.14,2	59.53,2	0,22273	presque calme
Belmont (Loire)	10.57,7	62.12,2	0,21069	calme
Montbrison (Loire)	10.58,1	61.42,7	0,21280	presque calme
Rive-de-Gier (Loire)	10.38,7	61.38,3	0,21373	calme
Roanne (Loire)	10.59,3	»	»	calme
Saint-Etienne (Loire)	10.47,5	61.32,7	0,21389	calme
Aigoual (Lozère)	10.54,1	60.25,5	0,21950	calme
Le Massegros (Lozère)	11.08,7	60.36,2	0,21867	un peu agitée
La Maxane (Lozère)	10.59,7	60.40,5	0.21849	presque calme
Meyrueis (Lozère)	10.58,5	60.26,7	0,21939	agitée
Le Rozier (Lozère)	11.08,3	60.30,5	0,21933	calme
Saint-Chély-du-Tarn (Lozère)	10.59,5	60.38,1	0,21856	agitée
Saint-Rome-de-Dolan (Lozère)	11.07,3	60.35,3	0,21862	un peu agitée
Les Vignes (Lozère)	11.10,3	60.34,9	0,21886	calme
Saint-Genis-Laval (Rhône)	10.39,8	61.45,3	0,21261	calme
Saint-Laurent (Rhône)	10.33,7	61.50,7	0,21204	calme
Villefranche-sur-Saône (Rhône)	10.47,4	62.03,5	0,21131	calme

2. Ces mesures comparées à celles de Moureaux donnent la variation séculaire des éléments magnétiques entre le 1er janvier 1896 et le 1er janvier 1922, pour l'ensemble des sept départements explorés :

Déclinaison (14 stations communes)	—2°57',5
Inclinaison (14 stations communes)	—0°44',5
Composante horizontale (13 stations communes)	+0,00267

Comparées aux mesures de Mathias, elles donnent pour la variation séculaire les valeurs suivantes :

Déclinaison (17 stations communes)	—2°59',8
Inclinaison (4 stations communes)	—0°48',8
Composante horizontale (11 stations communes)	+0,00295

Les stations communes à Mathias et à nous sont toutes situées dans une région limitée (départements de l'Aveyron et de la Lozère), ce qui explique les différences entre les deux groupes de valeurs. Le rapprochement de ces deux groupes de valeurs permet d'ailleurs de confirmer le résultat déjà énoncé, à savoir que les variations séculaires de I à H augmentent à mesure

que la latitude diminue, la variation séculaire de D paraissant moins influencée par la latitude.

3. Dans nos mesures effectuées dans l'Aveyron et la Lozère (causses, gorges du Tarn, massifs de l'Aigoual et de l'Aubrac), nous retrouvons les anomalies ou singularités déjà signalées par Mathias: en particulier la forte anomalie d'Aubrac qui paraît s'étendre au moins jusqu'à Saint-Chély d'Aubrac, et la diminution très sensible de H lorsqu'on s'élève immédiatement du fond des gorges du Tarn (station des Vignes) à une altitude plus grande de 500^{m}, soit à l'Est, sur le causse Méjan (station de la Maxane), soit à l'Ouest, sur le causse de Sauveterre (station de Saint-Rome-de-Dolan). A la diminution de H se superposent une augmentation de I et une diminution de D beaucoup plus nettes à l'Est qu'à l'Ouest, comme si les deux parois en regard formant les gorges du Tarn présentaient une aimantation de polarité différente.

A signaler enfin une assez forte anomalie de D à Saint-Laurent (Rhône), dont nous ne pouvons nous expliquer la cause. Dans la région à l'ouest de Lyon, le tracé des isogones effectué d'après nos mesures précédentes et les mesures actuelles indique un infléchissement prononcé de ces lignes jusqu'à Villefranche-sur-Saône, où une anomalie a été déjà reconnue. Il y a lieu de faire remarquer que la région en question se trouve précisément dans l'axe de la forte anomalie du Bassin de Paris: les déviations des isogones — ainsi que l'anomalie de Saint-Laurent, si elle n'a pas un caractère local — sont peut-être les dernières manifestations atténuées de cette remarquable perturbation.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Intensité de la respiration chez les végétaux et loi des tailles.* Note de M. **A. Hée**, présentée par M. Guignard.

Dans une précédente Note [1], nous avons montré que la loi des surfaces ne régissait pas l'intensité de la respiration des végétaux verts. Comme nous ne possédons à l'heure actuelle aucune unité de mesure permettant les comparaisons intra ou interspécifique de l'intensité respiratoire des végétaux, il nous a paru indispensable de rechercher tout d'abord comment varie cette intensité avec la taille et de voir s'il est possible de dégager une loi analogue à celle observée chez les Homéothermes. C'est pourquoi, utilisant la

[1] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 589.

technique préalablement décrite, nous avons mesuré l'intensité respiratoire de plantes entières, de tailles très différentes, soigneusement débarrassées de substances étrangères par un lavage à l'eau et ensuite convenablement essuyées. Nos essais ont été répartis en deux séries : l'une porte, pour chaque espèce étudiée, sur des échantillons de tailles variées, mais provenant des mêmes semis et récoltés à la même époque de l'année; l'autre comprend des individus pris à divers stades de leur développement, depuis la germination jusqu'à la formation des fruits.

Première série. — Les recherches portent sur le Navet et le Poireau; elles ont permis, par la mesure du CO^2 dégagé exprimé en milligrammes-heure, l'acquisition des résultats ci-dessous :

Brassica Napus.		*Allium Porrum.*		
Poids frais de la plante en grammes.	CO^2 dégagé par gramme frais.	Poids frais de la plante en grammes.	CO^2 dégagé par gramme frais.	CO^2 dégagé par gramme sec.
3,20	0,504	10,87	0,160	2,25
6,75	0,424	21,64	0,180	2,44
17,0	0,389	56,0	0,132	1,79
28,0	0,360	114,0	0,125	2,08
31,25	0,292	191,0	0,132	2,06
41,50	0,250	»	»	»
51,50	0,323	»	»	»
65,0	0,246	»	»	»

La teneur en eau des échantillons de Navet étant sensiblement constante (tous les chiffres oscillent entre 89,6 et 91,5), les résultats rapportés au poids sec se classeraient de la même manière que par rapport au poids frais.

Il est facile de voir que les deux espèces se comportent très différemment : chez le Poireau, l'intensité respiratoire reste à peu près proportionnelle au poids; elle décroît au contraire régulièrement avec la taille chez le Navet.

Deuxième série. — Elle a porté sur le Lupin et la Fève et nous a donné les résultats suivants :

Lupinus albus.			*Vicia Faba.*	
Poids frais de la plante en grammes.	CO^2 dégagé par gramme frais.	CO^2 dégagé par gramme sec.	Poids frais de la plante en grammes.	CO^2 dégagé par gramme frais.
2,61	0,094	1,34	5,73	0,190
2,82	0,106	1,39	5,81	0,185
5,71	0,162	2,24	9,62	0,255
7,06	0,156	2,07	23,80	0,097
11,43	0,210	1,97	52,0	0,150
18,90	0,105	1,02	54,0	0,085
27,40	0,169	1,25	74,0	0,173
»	»	»	80,0	0,177
»	»	»	105,0	0,145
»	»	»	112,0	0,110
»	»	»	121,0	0,183
»	»	»	164,0	0,118
»	»	»	165,0	0,123

Chez la Fève la teneur en eau ne variant pas — 89,4 à 90,9 pour 100 — l'évaluation par rapport au poids sec donnerait le même résultat.

De tous ces faits il ne se dégage aucune loi en fonction de la taille. La décroissance observée dans le seul cas du Navet est plus apparente que réelle : l'augmentation de poids est surtout le fait du développement de la racine et il est très probable que les matériaux constitutifs de cet organe (tissus de soutien et de conduction, réserves) interviennent peu activement dans le processus respiratoire.

Ni la mesure de la surface, ni celle du poids frais, ni celle du poids sec ne peuvent donc nous permettre aucune comparaison entre l'intensité respiratoire des divers végétaux verts. C'est dire la fragilité des conclusions tirées, dans de nombreuses études, de mesures faites sur l'une ou l'autre de ces bases.

Une détermination de la masse protoplasmique constituera-t-elle, soit à l'intérieur d'une même espèce entre les individus de tailles diverses, soit même interspécifiquement, un meilleur élément de comparaison? C'est ce que nous recherchons actuellement.

BOTANIQUE. — *Sur la production d'ozone par les végétaux verts.* Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

C'est un fait bien connu que l'air des campagnes est plus riche en ozone que celui des villes. Les premières différant particulièrement des secondes par l'abondance de la végétation, on peut se demander si les plantes n'interviennent pas, tout au moins en partie, dans le phénomène, c'est-à-dire si les végétaux vivants n'émettent pas un peu d'ozone en même temps que de l'oxygène. Dans le but d'avoir quelque aperçu sur la question, j'ai institué diverses expériences desquelles il semble résulter qu'il ne serait pas impossible qu'il en fût ainsi.

A titre d'exemple, je citerai la suivante, qui, d'ailleurs, renouvelée à plusieurs reprises, a toujours donné les mêmes résultats.

Sous la cloche ($2^l,5$ environ de capacité) d'une chambre humide, on place une quinzaine de plantules bien vertes et enracinées, de Pois (*Pisum sativum*) d'environ 8^{cm} à 10^{cm} de hauteur, et, à côté d'elles : 1° un fragment de papier de tournesol rouge, simplement imbibé d'eau distillée; 2° un fragment identique, mais imprégné d'une solution concentrée d'iodure de potassium. Le tout est placé (février-mars-avril) dans un endroit recevant, pendant le jour, la lumière diffuse ou, directement, celle du soleil.

Le lendemain, c'est-à-dire après environ 12 heures de lumière et 12 heures d'obscurité, on constate que le papier de tournesol simplement humide est resté rouge, tandis que celui imbibé d'iodure de potassium est devenu un peu violacé. Cette réaction montre que l'iodure de potassium a été en partie décomposé et a donné de la potasse, laquelle a coloré légèrement le tournesol en bleu violacé; or, cette réaction a déjà été employée (Houzeau) pour caractériser une production d'ozone. En laissant les choses en l'état pendant encore 24 heures, la teinte violacée devient de plus en plus foncée, mais on ne peut prolonger l'expérience plus longtemps, car les plantules, placées dans une atmosphère confinée, risqueraient de mourir et de dégager des vapeurs ammoniacales.

Il semble bien que ce soit l'intervention des plantules qui produit le phénomène, car, avec un dispositif identique, mais sans plantules, il ne se produit pas.

D'autre part, le léger bleuissement du tournesol à l'iodure de potassium ne se produit pas lorsque le tout est placé à l'obscurité, ce qui paraîtrait indiquer que la production de l'ozone, si elle est bien réelle, est liée à l'assimilation chlorophyllienne.

J'ai, d'autre part, obtenu des résultats analogues, quoique plus ou moins intenses suivant la nature de l'espèce, l'état de sa végétation, et, sans doute aussi, l'éclairement (dont je n'étais pas maître), avec d'autres plantules, par exemple, le Lupin blanc (*Lupinus albus*), le Blé (*Triticum sativum*), le Radis (*Raphanus sativus*), la Moutarde blanche (*Sinapis alba*), la Vesce d'hiver (*Vicia sativa*), ainsi qu'avec un Lichen (*Cladonia rangiferina*) et des branches d'arbres verts couvertes de feuilles, tels que l'If (*Taxus baccata*), le Genévrier (*Juniperus communis*), l'Epicéa (*Picea excelsa*). A tout hasard — bien que le résultat ne semblait pas devoir être douteux — j'ai aussi expérimenté avec des végétaux non chlorophylliens (moisissures, tubercules), mais comme on devait s'y attendre, les résultats ont été négatifs : le tournesol à l'iodure de potassium est resté rose.

En résumé, si la réaction du tournesol à l'iodure de potassium est caractéristique de la production d'ozone, celui-ci semble bien pouvoir être émis, en petite quantité, par les végétaux verts exposés à la lumière, mais il serait désirable que l'on multipliât les expériences sur la question pour savoir ce qu'il faut en penser au juste et pouvoir passer d'une présomption à une certitude.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur les mouvements des yeux.* Note de MM. **André Broca** et **Turchini**, présentée par M. J.-L. Breton.

On sait depuis Listing que les mouvements des yeux se font par des rotations du globe autour d'axes situés dans un plan perpendiculaire à la ligne primaire de regard. Celle-ci est définie par la visée parallèle au plan sagittal, le plan moyen des orbites étant horizontal. Le fait que tous les axes de Listing sont dans un même plan montre que la rotation pour aller d'une fixation oblique à une autre est la résultante des deux rotations nécessaires pour aller de la position primaire respectivement aux deux positions secondaires. De la sorte, la position de l'horizon rétinien est toujours la même, quand on arrive à une position oblique donnée par une série quelconque de mouvements. Rüte à vérifié ceci expérimentalement au moyen des images accidentelles vertes d'une ligne rouge tracée sur un tableau blanc.

Il peut sembler étonnant que le mouvement de l'œil se fasse en partant de la position primaire par une rotation autour d'un axe exact. En effet, quand notre œil est sollicité en vision indirecte, la position du point qui sollicite notre attention ne peut être repérée qu'avec la faible précision qui correspond à notre définition en ces régions. Nous ne pouvons donc choisir au départ, d'une manière absolue, l'axe de rotation final autour duquel, en dernière analyse, nous pouvons supposer que la rotation s'est effectuée.

Nous avons étudié cette question en photographiant sur film mobile au moyen de l'appareil de Bull, l'image cornéenne de Purkinje. Celle-ci est virtuelle, et localisée sensiblement au milieu du rayon de fixation. L'œil tournant autour de son centre, situé à une distance du pôle de la cornée égale à environ le double du rayon cornéen, et le rayon de fixation restant sensiblement parallèle à lui-même, l'image virtuelle aura un déplacement sensiblement égal et parallèle à celui du centre de la cornée. C'est ce très petit déplacement que nous avons photographié ($2^{mm},5$ pour une amplitude de 30°)

La tête de l'observé est fixée sur un appui analogue à celui de l'ophtalmomètre de Javal. La lumière issue de la source lumineuse, très petite et très éclatante, est concentrée sur la cornée. Une lentille de grande ouverture est placée auprès de celle-ci et fait converger la lumière sur un objectif qui donne l'image photographiée. Les deux systèmes obliques de concentration de lumière et de formation d'image photographique sont portés par

deux bancs d'optique faisant entre eux un angle d'environ 25°, dans la verticale duquel est placé l'œil observé. Les mouvements de l'œil se faisaient entre deux repères légèrement éclairés et dont le périphérique pouvait se déplacer.

Nous avons trouvé les mêmes propriétés à très peu de chose près pour les mouvements dans tous les sens, en haut, en bas, à droite, à gauche et en oblique.

Deux types de mouvements se sont révélés à nous. Dans l'un, le mouvement du centre à la périphérie se fait lentement et d'une manière assez uniforme.

Dans l'autre, le mouvement se fait par une contraction beaucoup plus brusque, mais le réglage final s'exécute par de petites oscillations, en général, au nombre de trois.

Ce mouvement, observé chez un sujet jeune, montre un entraînement instantané, les mouvements répétés se faisant avec une précision de plus en plus grande, ce qui se manifeste par la diminution des oscillations de réglage. Généralement, au bout de trois à quatre mouvements, ces dernières ont disparu.

Le retour à la position centrale se fait d'une manière plus précise.

Chez le premier sujet, à fixation lente et sans oscillation finale, la vitesse de contraction est à peu près constante. Chez le second sujet, à contractions rapides, il y a un entraînement de la vitesse en même temps que de la précision. Dans ce cas, après les quatre premières fixations, le temps nécessaire à la fixation latérale devient égal au temps nécessaire pour le retour à la position primaire.

Pour compléter cette étude il nous fallait mesurer le temps nécessaire pour la fixation latérale et pour le retour à la position primaire.

Nous y sommes arrivés en prenant comme source de lumière une étincelle condensée actionnée par une bobine d'induction munie d'un interrupteur à courant alternatif donnant 42 excitations par seconde. Nous avons donc ainsi des étincelles distantes de $\frac{1}{42}$ de seconde qui nous donnent une mesure exacte du temps, indépendamment de la direction du mouvement par rapport à celui du film. C'est ce qui nous a permis de voir l'identité des mouvements dans les divers azimuts.

Nous avons pu voir alors sur notre sujet jeune que pour des mouvements d'environ 30° (ce qui correspond à un déplacement de l'image photographiée de $2^{mm},5$) la durée du mouvement était, au début, pour la fixation latérale, de $\frac{1}{15}$ de seconde environ et pour le retour à la position primaire

de $\frac{1}{20}$. Après entraînement, les deux mouvements nous ont donné $\frac{1}{20}$ de seconde.

Un sujet très jeune nous a donné des temps aux environs de $\frac{1}{30}$ de seconde.

Le sujet âgé nous a montré des temps aux environs de $\frac{1}{12}$ à $\frac{1}{15}$ de seconde.

Nous tirons de là plusieurs conclusions. La première est que le mouvement se fait d'abord par tâtonnements. Chez le sujet jeune, le tâtonnement se fait par adaptations successives des 3 paires de muscles de l'œil. Mais la répétition des mouvements, en excitant chez lui la mémoire instantanée, lui permet d'accélérer encore le mouvement initial et de supprimer les oscillations finales.

La durée mesurée du changement de fixation montre la grande vitesse de celui-ci quand l'œil revient à sa position primaire, ce qui correspond à un acte psychique bien déterminé, ou quand, par la répétition de la fixation latérale, la position exacte est fixée dans la mémoire.

L'un de nous, en collaboration avec Comandon, avait montré il y a un an certains phénomènes de mouvements apparents sur des peintures où sont représentées plusieurs positions d'un même sujet accomplissant le même acte. Pour expliquer théoriquement cet effet, il fallait admettre pour les mouvements de fixation successifs une durée de $\frac{1}{20}$ de seconde au plus. Comme l'effet ne se produit que pour des mouvements angulaires de l'ordre de 10 degrés au plus, on voit que la durée de ceux-ci est aux environs du cinquantième de seconde, ce qui corrobore l'explication donnée.

L'examen détaillé des clichés à impression continue montre chez nos trois sujets de très petites oscillations, très fréquentes, pendant la fixation soutenue. Ceci est en liaison immédiate avec la difficulté qu'on éprouve toujours au maintien de la fixation, qui est tout à fait anormal dans le fonctionnement de l'œil.

ZOOLOGIE. — *Sur de curieux organes sensitifs des allomorphes ♂ d'*Eurytemora velox *Brady*. Note de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. Henneguy.

En étudiant les allomorphes d'*Eurytemora velox* Brady, qui sont presque identiques à *E. affinis* Poppe, et représentent, dans les marais salants du Croisic, la forme d'été d'*E. velox*, j'ai découvert, sur l'antenne droite de tous les individus mâles, de curieux organes sensoriels, dont je ne connais

aucun équivalent chez les Copépodes. Il peut sembler singulier que ces organes aient échappé à la sagacité des auteurs, tels que Lilljeborg, Brady, Poppe, Claus, Schmeil et Giesbrecht, de Guerne et J. Richard qui ont bien étudié les *Eurytemora*, car ils sont assez étranges et assez apparents pour devoir être facilement remarqués; et il serait tout aussi singulier, mais fort intéressant, que ces organes fussent propres aux *Eurytemora* des salines du Croisic.

L'antenne droite, préhensile et géniculée, du mâle de nos allomorphes, comporte 21 articles et comprend trois régions: une région basilaire comprenant 12 articles subégaux, portant des soies et des organes de Leydig; une région moyenne (articles 13-18), formée de segments fortement renflés, et dont l'axe est occupé par un gros muscle adducteur, moteur de l'articulation de cette région avec la suivante; enfin une partie terminale, articulée en genou avec la précédente et formée de 3 articles plus grêles.

Les organes antennaires, au nombre de quatre, sont placés sur la face dorsale, le premier du 17e segment, le second du 18e, les deux autres du 19e. La flexion de l'articulation les oppose donc deux à deux.

Prenons comme exemple l'organe du 17e segment.

L'organe se présente, de face, comme une sorte de longue écaille foliacée, lancéolée, ovoïde en arrière, en pointe en avant, parallèle à la surface tégumentaire; cette écaille montre une quadruple rangée de bâtonnets aplatis, chitineux, parallèles entre eux, comme les touches d'un clavier, et dont les dimensions décroissent progressivement d'arrière en avant; ils sont équidistants et parallèles au tégument. L'écaille tout entière est à peine bombée et se trouve à peine surélevée par rapport à la surface du membre. Cela pourrait être comparé à une lime ou à une radula, dont le rachis serait formé d'une double rangée de petits bâtonnets parallèles, bordée latéralement de deux autres files de bâtonnets marginaux.

De profil, l'organe forme une sorte de sac, renflé en arrière, pointu en avant, attaché au corps par un pédicule assez large; le plafond du sac est formé par la feuille écailleuse, le reste est cellulaire. Ce sac occupe toute la longueur du segment, la pointe de l'écaille, légèrement dressée, empiétant sur le 18e segment. L'organe tout entier est enfoncé dans une sorte de crypte tégumentaire, de telle sorte que l'écaille est à peu près au niveau de la surface du segment. La partie profonde du sac est revêtue de chitine et renferme de grosses cellules sphériques ou fusiformes qui donnent l'impression de cellules ganglionnaires, bien que je les considère comme de simples cellules épidermiques identiques à celles des segments renflés précédents. Par des imprégnations au bleu de méthylène, on peut voir un rameau du nerf antennaire pénétrer dans le sac, et se ramifier dans ces cellules par des arborisations en bouquet. Néanmoins, certaines de ces cellules paraissent devoir être ganglionnaires, et il m'a bien semblé observer trois filets nerveux longitudinaux, un médian, deux latéraux, suivant dans

l'écaille les intervalles entre les files de bâtonnets. Cette étude préliminaire demandera, d'ailleurs, à être complétée.

L'organe du 18e segment est identique, mais un peu plus long; il n'est pas placé sur le prolongement du précédent, mais un peu en côté. Les deux organes du 19e segment sont analogues, mais plus rudimentaires, notamment en ce qui concerne la partie cellulaire.

Il semble bien qu'on puisse considérer ces organes antennaires comme des sortes d'écailles chitineuses compliquées et cannelées, développées sur des bourgeons épidermiques invaginés dans le tégument de l'antenne.

J'ai trouvé ces organes sur tous les individus mâles de nos allomorphes, aussi bien chez les individus nés expérimentalement des œufs d'*E. velox* sous l'influence d'un P_H ascendant, que chez les individus nés dans les salines.

Il me paraît fort probable, bien que la thèse de J. Richard [1] ne mentionne aucun organe de ce genre, qu'on retrouvera des organes analogues chez d'autres Copépodes. Giesbrecht et Schmeil [2] figurent sur les segments 17, 18 et 19 de l'antenne droite du mâle de *Centropages typicus* Kroyer, qui est d'ailleurs très semblable à celle de *E. affinis*, des rangées de soi-disant cils raides, qui doivent être l'indication de nos organes en écailles.

Quant au rôle de ces organes, leur localisation sur les deux bords de la pince de préhension sexuelle, laisse à penser que ce doit être des organes d'excitation génitale, ayant quelque parenté physiologique, sinon anatomique, avec les *peignes* des Scorpions.

A 16 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 18h 15m.

É. P.

---

(1) J. Richard, *Recherches sur le système glandulaire et sur le système nerveux des Copépodes d'eau douce* (*Thèse*, Paris, 1891).

(2) W. Giesbrecht und O. Schmeil, *Copepoda gymnoplea* (*Tierreich*, 6e Lief., p. 55, fig. 11).

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT LE PREMIER TRIMESTRE 1924. (*Suite.*)

Bulletin de l'Institut des recherches biologiques et de la station biologique à l'Université de Perm. Perm.
Bulletin de l'Institut Pasteur. Paris.
Bulletin de l'Observatoire de Toulouse.
Bulletin de la classe des sciences; Académie royale de Belgique. Bruxelles.
Bulletin de la Commission géologique de Finlande. Helsingfors.
Bulletin de la Section de géographie; Comité des travaux historiques et scientifiques. Paris.
Bulletin de la Section scientifique de l'Académie roumaine. Bucarest.
Bulletin de la Société centrale d'agriculture et de pêche. Paris.
Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale. Paris.
Bulletin de la Société d'histoire de la pharmacie. Paris.
Bulletin de la Société des agriculteurs de France. Paris.
Bulletin de la Société des sciences médicales et biologiques de Montpellier. Montpellier.
Bulletin de la Société française de minéralogie. Paris.
Bulletin de la Société française de photographie. Paris.
Bulletin de la Société française des électriciens. Paris.
Bulletin de la Société industrielle de Rouen. Rouen.
Bulletin de la Société Ramond. Bagnères-de-Bigorre.
Bulletin de statistique et de législation comparée. Paris.
Bulletin des acquisitions du département des imprimés de la Bibliothèque nationale. Paris.
Bulletin des lois de la République française; parties principale et supplémentaire. Paris.
Bulletin des mines de Madagascar. Tananarive.
Bulletin des publications nouvelles; éditions Gauthier-Villars et Cie. Paris.
Bulletin des sciences mathématiques; bibliothèque de l'École des hautes études. Paris.
Bulletin du Service météorologique en Syrie et au Liban. Beyrouth.
Bulletin économique; Madagascar et dépendances. Tananarive.
Bulletin économique de l'Indochine. Hanoï. Haïphong.
Bulletin historique et scientifique de l'Auvergne. Clermont-Ferrand.

Bulletin officiel de la propriété industrielle et commerciale. Paris.
Bulletin of the biological board of Canada. Toronto.
Bulletin quotidien d'études de l'Office national météorologique de France.
Bulletin quotidien de renseignements de l'Office national météorologique de France.
Bulletin technique du bureau Veritas; navigation maritime; navigation aérienne. Paris.
Bulletin technique; Service technique de l'aéronautique.
Bulletin trimestriel de l'Institut des actuaires français. Paris.
Bulletins et mémoires de la Société médicale des hôpitaux de Bucarest. Bucarest.

(*A suivre.*)

ERRATA.

(Séance du 28 avril 1924.)

Note de M. *Ch. Platrier*, Sur l'intégration des équations différentielles linéaires :

Page 1464, formule (7), *au lieu de* q et q', *lire* $\frac{q}{a_2}$ et $\left(\frac{q}{a_2}\right)'$; formules (7) et (8), *au lieu de* P dans le coefficient du deuxième terme, *mettre* $\overline{P}$ pour indiquer que a_1 et a_2 doivent y être échangés; formule (9), *même correction* pour tous les P de la formule.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 MAI 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

La mort continue de frapper parmi nous, tantôt des membres avancés en âge et qui avaient rempli leur tâche, tantôt d'autres encore en pleine production et qui semblaient avoir devant eux nombre d'années fécondes.

De ces derniers était **Claude Guichard**, correspondant de la Section de Géométrie, et qui a succombé mardi dernier des suites d'une grave opération chirurgicale.

Dans ses premiers travaux, qui remontent à 1882, à ses 20 ans, il s'était orienté avec succès vers l'Analyse mathématique. Bientôt cependant (1889) il se tourna vers la Géométrie infinitésimale, et il réussit brillamment dans l'exploitation de ce domaine spécial.

A partir de 1897 il entre dans une voie nouvelle, très personnelle, et il édifie graduellement une théorie générale de ce qu'il nomme les réseaux et les congruences dans un espace à un nombre quelconque de dimensions : il s'y montre un heureux continuateur des Monge, des Poncelet, des Chasles, et certains de ses théorèmes ont été développés, complétés, par des savants de premier ordre.

Dans tous ces travaux, M. Guichard s'était montré géomètre inventeur et puissant; aussi avait-il gravi rapidement, dans les Facultés des Sciences, les échelons successifs d'une brillante carrière universitaire : après avoir été Maître de conférences à Nancy et à Rennes, il devint professeur à Clermont-Ferrand, et enfin à Paris, où il remplaça Darboux qui avait exprimé le vœu de l'avoir pour successeur.

Il avait été nommé correspondant le 29 mars 1904.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Carlos França**, membre de l'Académie des sciences de Lisbonne, qui assiste à la séance.

ASTRONOMIE. — *Observations du passage de Mercure sur le Soleil, le 8 mai, à l'Observatoire de Meudon.* Note de M. **H. Deslandres**.

Le passage de Mercure sur le Soleil a été observé à Meudon, malgré les conditions peu favorables imposées par l'heure matinale (du lever de l'astre à $5^h 39^m$ t. m. civil Greenwich).

Le Soleil a été photographié par Burson avec le photohéliographe, et par d'Azambuja avec le grand spectrohéliographe; en même temps, il a été observé à l'œil par Baldet avec l'équatorial Eichens et une lunette de 20^{cm}.

Burson a fait quatre épreuves de la surface (diamètre 30^{cm}).

D'Azambuja a obtenu une épreuve de la couche basse de l'atmosphère avec la raie K_1 du calcium.

Baldet a relevé les heures des deux derniers contacts et les a comparées aux heures calculées.

	Observé.	Calculé.	O.—C.
Dernier contact intérieur........	$17^h 35^m 57^s \pm 8^s$	$36^m 18^s$	-21^s
Dernier contact extérieur	$17^h 38^m 37^s \pm 2^s$	$39^m 18^s$	-41^s

L'heure du contact intérieur a été viciée par le phénomène de la goutte noire; mais il semble bien que les derniers contacts ont eu lieu quelques secondes après le moment annoncé par le calcul.

La précision de la mesure est faible; car les images étaient très agitées, et, aussi, déformées par la réfraction; ce que les photographies montrent nettement.

D'Azambuja a cherché vainement à observer le spectre solaire dans la région des bandes de la vapeur d'eau, en recevant dans l'appareil seulement la lumière émise par le bord même de la planète.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses au moyen de l'amidure de sodium. Mode de préparation des α-alcoylphénylacétates de benzyle et des acides correspondants.* Note (¹) de Mme **Ramart** et de M. **A. Haller**.

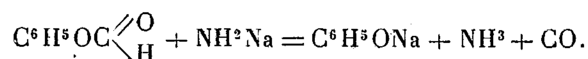
A la suite des recherches de l'un de nous avec Édouard Bauer sur l'alcoylation des cétones aliphatiques, mixtes et aromatiques, nous avons tenté la même réaction sur un certain nombre d'éthers-sels de la série grasse et de la série aromatique.

Victor Meyer (²) et ses élèves avaient fait la même tentative, il y a une trentaine d'années, en employant l'alcoolate de sodium comme intermédiaire, au lieu d'amidure, mais ils ont complètement échoué dans leurs essais, en particulier avec les éthers phényl et diphénylacétiques.

Dans une Note récente (³), il a été montré que le diphénylacétate de benzyle se prêtait avec la plus grande facilité à une substitution quand, après l'avoir sodé avec l'amidure, on traite le dérivé métallique par des iodures alcooliques.

Déjà en 1913-1914, l'un de nous avait fait des essais, avec Ed. Bauer sur les éthers les plus variés, notamment sur les formiate et acétate de phényle, isobutyrate et phénylacétate de benzyle, sans aboutir aux résultats cherchés. La cause de nos insuccès provenait de ce que nous opérions à une température trop élevée. Les réactions observées avec quelques-uns des éthers mis en œuvre sont les suivants :

Formiate de phényle. — Quand on fait agir, à la température ordinaire et sans précaution spéciale, de l'amidure de sodium sur le formiate de phényle en solution dans l'éther ou le benzène, une réaction très vive se produit avec dégagement d'un mélange d'oxyde de carbone et d'ammoniaque et formation d'un précipité blanc de phénate de sodium. Il ne reste plus trace de formiate dans la liqueur benzénique. On peut traduire la réaction par l'équation



$$C^6H^5OC\begin{cases}O\\H\end{cases} + NH^2Na = C^6H^5ONa + NH^3 + CO.$$

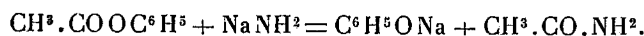
Acétate de phényle. — Traité par l'amidure de sodium, dans les mêmes conditions que le formiate, cet éther n'a également pas donné de dérivé sodé ;

(¹) Séance du 5 mai 1924.

(²) V. Meyer, *Ber. deut. Chem. Ges.*, t. 20, 1887, p. 534 et 2944.

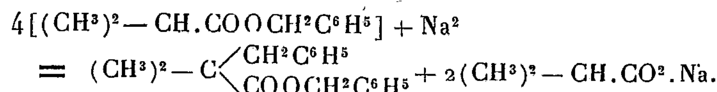
(³) Mme P. Ramart, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 396.

il s'est précipité du phénate de sodium, avec formation probable d'acétamide, suivant l'équation



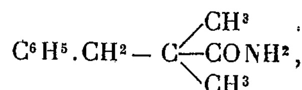
$$CH^3.COOC^6H^5 + NaNH^2 = C^6H^5ONa + CH^3.CO.NH^2.$$

Isobutyrate de benzyle. — Hodgkinson a montré que lorsqu'on chauffe[1], dans de certaines conditions, de l'isobutyrate de benzyle avec du sodium, on obtient, par suite d'une transposition moléculaire, un composé que l'auteur considère comme du benzyldiméthylacétate de benzyle. Il se forme en même temps du toluène



$$4[(CH^3)^2-CH.COOCH^2C^6H^5] + Na^2 = (CH^3)^2-C\begin{cases}CH^2C^6H^5\\COOCH^2C^6H^5\end{cases} + 2(CH^3)^2-CH.CO^2.Na.$$

L'action de l'amidure de sodium sur cet éther pouvait donner lieu à une transposition semblable, avec formation de diméthylbenzylacétamide



$$C^6H^5.CH^2-C\begin{cases}CH^3\\CONH^2\\CH^3\end{cases},$$

ou bien il y avait lieu d'espérer qu'il agirait comme substituant sodé dans le sens que nous souhaitons.

Quand on traite une molécule d'éther isobutyrique par une molécule d'amidure, il se dégage de l'ammoniaque, mais le produit formé régénère presque intégralement l'isobutyrate de benzyle sous l'influence de l'eau. La transposition supputée en benzyldiméthylacétamide ne s'étant pas effectuée, nous avons nourri l'espoir que l'amidure agirait comme substituant par son sodium et nous permettrait ainsi d'obtenir, par action ultérieure du chlorure de benzyle sur le dérivé sodé, le benzyldiméthylacétate de benzyle de Hodgkinson.

Une molécule d'isobutyrate de benzyle dissoute dans du xylène fut donc additionnée peu à peu d'une molécule d'amidure de sodium. Il se produit déjà à froid un dégagement d'ammoniaque en même temps qu'un précipité blanc se dépose. En chauffant, ce dérivé disparaît peu à peu et la liqueur devient tout à fait limpide. On ajoute alors une molécule de chlorure de benzyle. Il se déclare aussitôt une réaction assez vive avec précipitation de chlorure de sodium. Après refroidissement, on traite par de l'eau et l'on sépare les deux couches. La solution aqueuse renferme de l'acide isobuty-

---

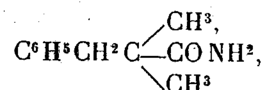
(1) William R. Hodgkinson, *Liebig's Annalen*, t. 201, 1880, p. 166.

rique en petites quantités. La solution xylénique, soumise à la distillation dans le vide, fournit une portion passant à 167° sous 15mm et qui, dissoute dans l'éther de pétrole, laisse déposer des aiguilles blanches fondant à 91° et répondant à la composition de la N-benzylisobutyramide



$$(CH^3)^2CH.CO\,NH\,CH^2C^6H^5.$$

Les liquides mères d'où l'on a séparé cet amide, soumis à une nouvelle rectification, montrent à peu près le même point d'ébullition 162°-165°, sous 15mm, que le produit d'où l'on a extrait l'amide. Sa composition répond à celle d'un mélange de dibenzyle et de benzyldiméthylacétate de benzyle, corps qui possèdent à peu près le même point d'ébullition. On a traité ce mélange par de l'amidure de sodium au sein du benzène. Après 4 à 5 heures d'ébullition au bain-marie et traitement du liquide refroidi par de l'eau, ajoutée goutte à goutte, on a obtenu un produit blanc fondant à 65°-66° et possédant la composition et les propriétés extérieures de la *benzyldiméthylacétamide*



$$C^6H^5CH^2C\begin{cases}CH^3,\\ CO\,NH^2,\\ CH^3\end{cases}$$

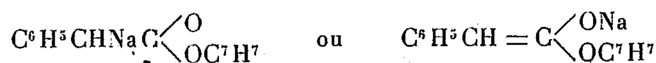
isomère de la N-*benzylisobutyramide* signalée plus haut. Toutefois, bien que la première de ces amides ait un point de fusion approchant de celui de l'amide (62°-63°) que l'un de nous a obtenue avec Ed. Bauer (1) dans la scission de la benzyldiméthylacétophénone, le mélange des deux échantillons fond à 30°. Il n'y a donc pas identité entre les deux corps et la question demande à être éclairée par de nouvelles recherches.

Phénylacétate de benzyle. — Quand on fait tomber peu à peu ce composé sur de l'amidure de sodium en suspension dans l'éther anhydre ou le benzène, on n'observe d'abord aucun effet à froid, mais, au bout d'un certain temps, la température s'élève, il se dégage de l'ammoniaque et la réaction prend une allure vive. Une fois cette réaction apaisée, l'addition au mélange de chlorure de benzyle provoque une double décomposition avec formation de chlorure de sodium, *de phénylacétamide* fondant à 154°-155° et de N-*benzylphénylacétamide* $C^6H^5.CH^2.CONHCH^2C^6H^5$ provenant de la substitution du radical benzyle à l'hydrogène du groupe NH^2 de la première de ces amides. Le processus de la réaction est analogue à celui observé en partie avec l'isobutyrate de benzyle.

---

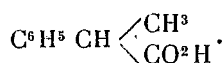
(1) A. Haller et Ed. Bauer, *Ann. de Chim.*, 1re série, t. 1, 1914, p. 17.

Les réactions se passent autrement si, au lieu de faire agir le phénylacétate de benzyle sur l'amidure à la température ordinaire, on opère à 0° et que l'on met le ballon muni d'un réfrigérant ascendant, en relation avec une trompe à vide, pour faciliter le dégagement d'ammoniaque. Dans ces conditions il se produit peu d'amide et l'éther-sel se prête à la formation du dérivé sodé



cherché. Il y a lieu d'observer que le dégagement d'ammoniaque se fait lentement. Quand il est devenu très faible on introduit peu à peu l'halogénure. Au bout d'un temps plus ou moins long, qui varie suivant la nature de l'éther haloïde, il se produit un précipité d'halogénure de sodium. Rapide avec le bromure d'allyle et l'iodure de méthyle, la réaction est beaucoup plus lente avec le chlorure de benzyle. Quand elle est terminée on traite par de l'eau, on sépare les deux couches et l'on soumet le mélange d'éthers à la rectification dans le vide.

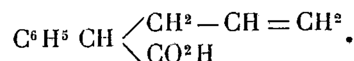
Acide phénylméthylacétique ou hydratropique



L'éther benzylique de cet acide a été obtenu dans les conditions que nous venons d'indiquer, mais comme il est presque impossible de le séparer par distillation fractionnée du phénylacétate de benzyle, nous avons saponifié le produit de la réaction et soumis à la rectification les acides formés.

Liquide incolore bouillant à 148° sous 15^{mm} [264-265° à la pression ordinaire suivant Fittig et Wurster (1)].

Phénylallylacétate de benzyle et acide phénylallylacétique



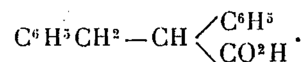
L'éther benzylique n'a pas encore été décrit. Obtenu avec un rendement de 40 à 50 pour 100, cet éther constitue une huile bouillant à 210-212° sous 25^{mm}. Saponifiée avec de la potasse alcoolique elle fournit l'acide qui distille à 130-135° sous 12^{mm}. Buderer (2) qui l'a préparé en partant du

(1) Fittig et Wurster, *Ann. Chem.*, t. 195, p. 165.

(2) Buderer, *B. deut. Chem. Ges.*, t. 23, p. 2068.

cyanure de benzyle allylé lui assigne le point d'ébullition 260°-270° à la pression ordinaire.

Benzylphénylacétate de benzyle et acide benzylphénylacétique



$$C^6H^5CH^2-CH\Big\langle{}^{C^6H^5}_{CO^2H}.$$

L'éther inconnu jusqu'ici constitue un liquide huileux, jaunâtre, distillant à 250°-255° sous 18^{mm}. Le rendement varie de 25 à 40 pour 100.

Il fournit par saponification l'acide correspondant. On peut avantageusement en retirer une certaine quantité des portions d'éthers passant au-dessous de 250°-255° et qui sont constituées par un mélange de phénylacétate et de benzylphénylacétate de benzyle. Il suffit de saponifier et d'épuiser le mélange d'acides par de l'eau bouillante qui ne dissout que l'acide phénylacétique.

Cristallisé au sein d'un mélange d'éther et d'éther de pétrole, il se présente sous la forme de tables rectangulaires enchevêtrées qui fondent à 91°-92°. Cet acide a déjà été décrit par plusieurs auteurs qui lui attribuent différentes formes, suivant les points de fusion observés : 88°-89° (forme α), 95°-96° (forme β), 82° (forme γ).

Ces recherches montrent que l'amidure de sodium exerce sur les éthers-sels une action qui varie suivant la nature de ces éthers et aussi suivant les conditions dans lesquelles on opère.

Avec le formiate de phényle, il y a formation d'oxyde de carbone, d'ammoniaque et de phénate de sodium.

Avec l'acétate de phényle, on obtient encore la séparation du phénate sodique et vraisemblablement de l'acétamide.

Avec l'isobutyrate de benzyle il y a amiduration et, si l'on traite ensuite le produit de la réaction première par du chlorure de benzyle, on retire principalement de la N-benzylisobutyramide. La formation de benzylisobutyrate ou benzyldiméthylacétate de benzyle n'est toutefois pas exclue, puisqu'on a pu isoler un composé répondant à la composition de la benzyldiméthylacétamide.

Quant au phénylacétate de benzyle, s'il fournit à chaud, avec l'amidure de sodium et subséquemment du chlorure de benzyle, de la phénylacétamide et de la N-benzylphénylacétamide, à froid il subit la substitution sodique en α et se prête alors à la préparation des éthers α-alcoylphénylacétiques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la détermination de l'oxydabilité des charbons.* Note de MM. **Georges Charpy** et **Gaston Decorps**.

Nous avons indiqué (¹) une méthode permettant d'obtenir un chiffre que nous avons proposé d'appeler l'indice d'oxydation d'un charbon, et qui nous paraît susceptible de caractériser d'une façon suffisante pour la pratique l'altération plus ou moins accentuée qu'un charbon a subie sous l'influence de l'oxygène de l'air. Nous avons montré que l'on pouvait de cette façon suivre le développement de l'oxydation directe par l'air à différentes températures, et constaté que des chauffages modérés paraissaient accélérer la réaction sans en modifier la nature.

On pourrait donc, au moyen d'essais d'oxydation à chaud, classer les différents charbons au point de vue de leur tendance plus ou moins grande à absorber l'oxygène; mais ces opérations restent longues et trop délicates pour la pratique courante. Nous avons donc cherché si l'oxydabilité pouvait être mise en évidence par une réaction plus rapide, et si par conséquent on pouvait trouver un oxydant agissant sur la houille comme l'oxygène à température peu élevée mais avec une vitesse plus grande.

Après de nombreux essais nous avons trouvé que l'acide azotique ordinaire, de densité 1,30, paraissait remplir les conditions cherchées. L'action de l'acide azotique à 20°, évaluée d'après la variation de l'indice d'oxydation, est en moyenne quinze fois plus rapide environ que celle de l'air à 150°, cette température paraissant être la plus élevée qu'on puisse employer sans avoir à craindre le départ de matières volatiles. L'oxydation par l'acide azotique s'accélère très rapidement quand la température s'élève; à 50° elle est, en moyenne, environ soixante fois plus rapide qu'à 20°, c'est-à-dire que les courbes de développement de l'indice d'oxydation sont très voisines quand on marque le temps en heures à 20°, et en minutes à 50°. A la température de 100°, l'oxydation par l'acide azotique devient extrêmement rapide, tout en conservant encore le même caractère, c'est-à-dire que le charbon se transforme en matières solubles dans la soude, sans pertes notables par volatilisation.

Une technique très simple permet donc de déterminer *un indice d'oxydabilité* pour un charbon donné; on peut appeler ainsi la variation de l'indice d'oxydation produite par l'action de l'acide azotique de densité 1,30,

(¹) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 807.

à 20°, pendant 3 heures par exemple. (Nous employons 10^{cm^3} d'acide agissant sur $0^g,25$ de charbon.)

On fait ainsi apparaître entre les charbons de diverses provenances des différences extrêmement marquées qui montrent que si certains peuvent être mis en stock et conservés assez longtemps sans grand inconvénient, d'autres doivent être employés dans de très courts délais, surtout quand on veut utiliser leur pouvoir cokéfiant, qui est très rapidement diminué par le développement de l'oxydation. Pour quelques charbons donnant des résultats médiocres et surtout irréguliers dans la fabrication du coke, nous avons constaté des indices d'oxydabilité jusqu'à 50 fois plus forts que pour des charbons considérés comme de qualité supérieure, de sorte que l'oxydabilité ne paraît pas pouvoir être négligée dans les études de comparaison de divers charbons au point de vue de leur transformation en coke [1].

TÉRATOLOGIE. — *Adhérence entre deux feuilles ou deux folioles.* Note [2] de M. Paul Vuillemin.

Les feuilles sont adhérentes lorsqu'elles sont unies par les faces, tandis qu'elles sont cohérentes lorsqu'elles sont unies par les bords.

Les feuilles unies par adhérence sont homotropes ou antitropes, selon qu'elles sont tournées dans le même sens ou en sens inverse. Dans l'adhérence homotrope les feuilles sont superposées; les feuilles antitropes sont adhérentes par la face ventrale ou par la face dorsale; elles sont affrontées dans le premier cas, adossées dans le second.

L'adhérence par superposition est la conséquence de la suppression de l'espace séparant deux appendices d'un même orthostique. Je l'ai observée entre la première feuille et la troisième chez l'*Impatiens Roylei*. J'ai rencontré l'adhérence par adossement au point de séparation de deux branches d'une fascie, deux fois chez le *Rhamnus Frangula*, une fois chez le *Cornus mas*. Le plus petit limbe de ce dernier se termine en capuchon hyponaste.

(1) Pour la détermination de l'indice d'oxydation, signalons que l'on peut doser séparément : *a.* la matière soluble dans la soude; *b.* la matière soluble dans l'eau après traitement par la soude. Ces deux grandeurs varient dans le même sens, au cours de l'oxydation, mais de façons différentes pour les divers charbons; sans préjuger de la nature des transformations qu'elles indiquent, on peut les relever séparément, ce qui ne comporte aucune difficulté.

(2) Séance du 5 mai 1924.

Masters mentionne l'adossement de feuilles appartenant à des tiges concrescentes de *Tradescantia Virginica*. L'affrontement est signalé par Turpin entre les feuilles supérieures d'un rameau d'Oranger dont le bourgeon terminal était atrophié. Les rares exemples relatés depuis se sont produits dans des conditions analogues.

L'adhérence antitrope est rarement primitive comme dans les cas précédents. En dehors des circonstances particulières qui viennent d'être mentionnées, elle résulte du développement de feuilles dont les rudiments juxtaposés avaient contracté une cohérence précoce. Les nervures médianes développées les premières, plus rarement les grosses nervures latérales, restent contiguës; de cohérentes elles deviennent adhérentes en croissant en sens inverse comme les feuilles dont elles forment la suture.

Adossement secondaire des feuilles. — J'ai constaté l'adossement secondaire chez le *Taraxacum officinale*, l'*Evonymus europœus*, le *Tilia silvestris*, le *T. platyphylla* et dans un *Viola odorata* récolté à Harnes.

L'adossement peut s'accompagner d'une profonde altération des limbes adhérant par la nervure médiane. Un verticille trimère de *Viburnum Lantana* porte une feuille libre longue de $0^m,185$ et deux feuilles adossées; l'une, ventrale, atteint $0^m,14$; l'autre, dorsale, ne dépasse pas $0^m,115$. La nervure médiane est commune sur un trajet de $0^m,05$, puis séparée en une branche ventrale coudée en baïonnette à la base et une branche dorsale rectiligne, plus fine, La feuille ventrale est peu modifiée à droite; sa moitié gauche borne à la base une lame obcordée de 1^{cm} avec une étroite languette sortant de l'échancrure; puis elle s'interrompt jusqu'au sommet de la nervure commune; à partir de là elle serait symétrique de la moitié droite si elle n'était creusée d'une profonde échancrure. La feuille dorsale ressemble à une petite feuille normale dans la moitié supérieure pourvue d'une nervure propre; dans la moitié inférieure elle est réduite à un double ruban étroit.

Chez le *Hieracium glanduloso-dentatum*, Celakovsky (1883) observe deux feuilles cohérentes dans la partie moyenne; à la base une languette antitrope se détache de la face ventrale; au sommet de la suture les bords s'écartent et se replient en revers ventraux.

Les folioles suturales décrites par H. de Vries (1891) à la jonction de deux feuilles de *Dipsacus silvestris* ont une signification analogue, ainsi qu'une prétendue feuille adventive signalée par Jaeger (1850) sur la nervure médiane d'une feuille bifurquée de Laurier et une languette foliacée observée

par Schlechtendal (1862) au niveau de la séparation de deux feuilles d'*Erodium gruinum* cohérentes à la base.

Adossement secondaire des folioles. — Les folioles se comportent comme des feuilles; ce ne sont pas des portions de feuille, car elles sont issues, non de division, mais de ramification ou multiplication du membre.

J'ai observé en 1907 l'adossement secondaire des folioles de *Robinia Pseudo-Acacia* et de *Sambucus nigra*. Les folioles ventrales sont peu modifiées, si ce n'est que, chez le Robinier, l'adossement n'est pas limité aux nervures; la moitié gauche du limbe ventral est adhérente à la moitié droite du limbe dorsal. Les nervures médianes des deux folioles se séparent au sommet dans un fronton plan dans la foliole ventrale, déprimé en capuchon hyponaste dans l'autre.

La feuille de Sureau à laquelle appartiennent les folioles adossées possède deux paires de folioles opposées, puis une troisième paire dont la pièce droite s'insère à $0^m,002$ plus haut que la gauche. Une dernière foliole latérale est cohérente à la foliole terminale sur une longueur de $0^m,013$; puis les nervures sont adossées sur une étendue de $0^m,012$. La foliole impaire est normale, longue de $0^m,075$; la foliole adossée n'a que $0^m,05$; sa nervure médiane sort à $0^m,005$ du sommet tronqué du limbe et forme sur le dos une arête longue de $0^m,01$ terminée par un étroit cornet ou scyphie.

Affrontement secondaire des feuilles. — Je l'ai reconnu chez l'*Acer Pseudoplatanus*, en 1906 sur un rejet de $0^m,40$ poussé à la suite d'une coupe de l'année. Les feuilles ne sont régulièrement décussées qu'à partir du cinquième nœud. Le troisième verticille se compose de trois feuilles d'aspect normal; le premier et le quatrième ont quatre limbes dont deux sur un pétiole commun; les deux autres feuilles du premier nœud sont entièrement libres; celles du quatrième sont unies seulement par la moitié inférieure des pétioles. Le deuxième verticille est aussi formé de quatre membres; deux sont libres, les deux autres ont un pétiole commun et deux limbes affrontés. L'adhérence s'est produite évidemment à la suite de la cohérence qui subsiste entre les pétioles; elle ne se comprendrait pas si l'on supposait que la bifurcation observée dans le premier verticille et le quatrième résultait d'une bipartition. Les feuilles à limbes affrontés du deuxième nœud sont opposées aux feuilles à pétioles cohérents du premier.

Elles ont l'apparence d'une feuille surchargée d'un limbe plus petit. La nervure médiane du petit limbe est adhérente sur la moitié de sa longueur à la nervure latérale gauche du grand. Les deux limbes sont d'ailleurs libres et se regardent par la face ventrale.

Apposition et opposition des parties d'une même feuille. — On rencontre dans des feuilles isolées des lames sortant du plan du limbe et s'incurvant de manière à tourner, soit leur face ventrale, soit leur face dorsale vers la face homologue de la feuille. Les lames sont opposées au limbe par la face ventrale, apposées par la face dorsale. Ce phénomène ne sera pas confondu avec l'adhérence de deux membres normalement séparés, car les lames opposées ou apposées naissent en continuité avec leur matrice et ne perdent pas contact avec elle dans le déplacement qui résulte d'un conflit insolite entre des tissus de résistance inégale. Ce conflit est l'allonastie sur laquelle nous reviendrons.

En résumé, l'adhérence antitrope de deux feuilles est primitive dans des circonstances exceptionnelles, telles que la fasciation ou l'avortement du bourgeon terminal.

L'adhérence secondaire se produit au cours de la croissance de feuilles d'abord cohérentes.

Il faut distinguer de l'adhérence des feuilles l'opposition et l'apposition des portions d'une même feuille.

M. **Ed. Goursat** fait hommage à l'Académie des *Leçons de Géométrie vectorielle : Préliminaires à l'étude de la théorie d'Einstein*, par Georges Bouligand, dont il a écrit la *Préface*.

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **É. Picard**, **A. Mesnager**; **A. d'Arsonval**, **H. Le Chatelier**; **A. Rateau**, **M. Laubeuf** sont élus membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera la liste de candidats à la place vacante, dans la division des applications de la science à l'industrie, par la mort de M. *Maurice Leblanc*.

ÉLECTIONS.

Par 47 suffrages contre 1 à M. *Nasini* et 1 à M. *Swarts*, Sir **William Pope** est élu Correspondant pour la Section de chimie.

CORRESPONDANCE.

M. le Président du **Conseil d'administration de la Fondation Curie** invite l'Académie à lui désigner un de ses membres qui occupera dans le Conseil la place vacante par la sortie de M. *A. Lacroix,* désigné par le sort et rééligible.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

J. Martinet. *Couleur et constitution chimique.* (Présenté par M. A. Haller.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Démonstration directe de théorèmes de M. Picard.* Note (¹) de M. **André Bloch**, présentée par M. Hadamard.

1. Dans des Mémoires insérés aux *Annales de l'École Normale*, puis dans un Ouvrage récent (²), M. G. Valiron a appliqué une méthode de M. Hadamard à généraliser des résultats de M. Wiman, et a obtenu ainsi, au sujet des fonctions entières les plus générales, des théorèmes très précis. Les formules qu'il donne à ce propos comprennent comme cas particulier la proposition suivante : le domaine riemannien à une infinité de feuillets correspondant à une fonction entière comprend des cercles à un seul feuillet de rayon aussi grand qu'on veut. Démonstration et résultats s'appliquent d'ailleurs aux fonctions à point essentiel isolé; si bien que :

Lorsqu'une fonction est uniforme dans le domaine d'un point singulier isolé (essentiel ou polaire), la riemannienne correspondante comprend des cercles à un seul feuillet de rayon aussi grand qu'on veut.

2. Nous allons appliquer ce résultat à la démonstration du théorème de M. Picard sur l'impossibilité de satisfaire à une relation algébrique de genre supérieur à l'unité par des fonctions uniformes dans le domaine d'un point essentiel isolé commun.

(¹) Séance du 14 avril 1924.

(²) *Lectures on the general theory of integral functions.* Toulouse, Privat, 1923; voir le Chapitre IV.

Considérons à cet effet une intégrale abélienne de première espèce attachée à une courbe de genre supérieur à l'unité, et le domaine riemannien correspondant à cette intégrale; il s'obtient en mettant bout à bout une infinité de domaines élémentaires égaux, chacun de ceux-ci résultant de l'application ramifiée sur le plan, au moyen de l'intégrale considérée, de la surface de Riemann rendue simplement connexe par un contour d'encadrement; les points de ramification correspondent aux points où l'adjointe d'ordre $m-3$ relative à l'intégrale recoupe la courbe. Il est clair que tout cercle à un seul feuillet du domaine total a un rayon inférieur à la plus grande dimension du domaine élémentaire.

Le théorème en vue est alors manifeste dans le cas de deux fonctions méromorphes, comme on le voit en substituant les fonctions méromorphes dans l'intégrale abélienne qui devient une fonction entière; pour deux fonctions à point essentiel isolé, la démonstration subsiste, car on peut former une intégrale de première espèce revenant à la même valeur par circulation autour du point. Il faut toutefois, pour être complet, établir d'abord, ce qui est aisé, le lemme suivant :

Soient deux fonctions, méromorphes dans une aire, et satisfaisant à une relation algébrique; si lorsqu'on s'approche d'un point du contour, une intégrale abélienne attachée à la courbe tend vers une limite fixe, les deux fonctions elles-mêmes tendent vers des limites déterminées.

3. Le théorème sur les valeurs exceptionnelles en un point essentiel résulte de ce qui précède. Nous bornant pour abréger au cas d'une fonction entière, il est clair que si une telle fonction ne prenait pas les valeurs o et 1, on pourrait uniformiser par des fonctions méromorphes et même entières la courbe de genre deux : $x^2y^5 - 1 = 0$.

On peut aussi, directement, considérer la fonction

$$\log\frac{\sqrt{\log f - 2\pi i} - \sqrt{\log f}}{\sqrt{\log f - 2\pi i} + \sqrt{\log f}}.$$

Cette fonction serait entière et ne prendrait aucune des valeurs

$$\mathrm{Log}\frac{\sqrt{n-1} - \sqrt{n}}{\sqrt{n-1} + \sqrt{n}} + 2p\pi i.$$

Or tout cercle de rayon 1000 couvre l'une de ces valeurs. Sous cette forme de démonstration, il n'est pas nécessaire de supposer connue la possibilité que le cercle couvert en entier n'ait qu'un seul feuillet.

4. Voici une démonstration un peu différente du théorème sur les valeurs

exceptionnelles en un point isolé. M. Valiron a montré (*loc. cit.*) que, sauf peut-être dans des couronnes pour lesquelles la variation totale de $\log r$ est finie, le rapport de $A(r)$ à $M(r)$ tend vers 1, et par suite aussi celui de $A(r)$ à $B(r)$ (notations habituelles). Il suit de là que *pour une fonction entière sans zéros, le maximum du module et l'inverse de son minimum sont du même ordre de grandeur*, la signification de ces mots résultant de ce qui précède. On obtient donc, sous une forme très précise, le théorème de M. Hadamard sur le minimum du module, pour le cas, qui nous suffit ici, des fonctions entières sans zéros. Ce théorème, ainsi démontré, s'étend immédiatement à une fonction à point essentiel isolé, sans zéro ni pôles : $z^m\left(1+\frac{b}{z}+\ldots\right)H(z)$. Soit alors u une fonction à point isolé ne prenant aucune des valeurs $0, 1, \infty$; les maxima de u, $u-1$, $\frac{1}{u}$, $\frac{1}{u-1}$ sont du même ordre de grandeur. Considérons la fonction $u(u-1)$: son maximum serait de même ordre de grandeur que le carré de l'inverse de son minimum.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la forme des solutions d'une équation différentielle fonctionnelle.* Note de M. **Paul Flamant**, présentée par M. Henri Lebesgue.

Je me propose d'ajouter quelques résultats à ceux que j'ai signalés dans une Note précédente (¹) relative aux fonctions de variable complexe satisfaisant à l'équation

$$f'(x)=a(x)f\left(\frac{x}{\sigma}\right)+b(x).$$

1° *Influence d'un pôle de $b(x)$ non situé à l'origine, lorsque $|\sigma|=1$.* — En supposant $a(x)$ holomorphe dans un cercle Δ ayant pour centre l'origine et contenant le pôle x_0 de $b(x)$, toute solution holomorphe à l'origine peut être représentée dans Δ par la formule

$$f(x)=\varphi(x)+\varphi_0(x)\log\left(1-\frac{x}{x_0}\right)+\varphi_1(x)\log\left(1-\frac{x}{\sigma x_0}\right)+\ldots$$
$$+\varphi_p(x)\log\left(1-\frac{x}{\sigma^p x_0}\right)+\ldots$$

(qui n'a qu'un nombre fini de termes lorsque σ est racine de l'unité); les $\varphi_p(x)$ sont des fonctions holomorphes dans Δ; $\varphi(x)$ est holomorphe dans Δ

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 60-62.

lorsque x_0 est pôle simple de $b(x)$; elle admet $x_0, \sigma x_0, \ldots, \sigma^{p-2}x_0$ pour pôles d'ordres respectifs $p-1, p-2, \ldots, 1$ lorsque x_0 est pôle d'ordre p de $b(x)$. Lorsque σ est racine de l'unité, les points singuliers de $f(x)$ sont de même nature que lorsque $|\sigma|$ est plus grand que 1, mais leur nombre est limité. Lorsque σ n'est pas racine de l'unité, $f(x)$ admet pour coupure le cercle de rayon $|x_0|$, et elle est continue jusque sur ce cercle, sauf aux points $x_0, \sigma x_0, \ldots, \sigma^{p-1}x_0$.

2° *Influence de certains points singuliers de* $b(x)$. — Cette solution holomorphe à l'origine est représentable par les mêmes développements que dans le cas du pôle lorsque

$$b(x) = c(x)\log\left(1-\frac{x_0}{x}\right),$$

$c(x)$ étant une fonction holomorphe dans le même domaine Δ que $a(x)$.

Lorsque $b(x)$ est de la forme

$$b(x) = (x-x_0)^{\nu}c(x),$$

$c(x)$ satisfaisant à la même condition et ν étant un exposant quelconque (autre qu'un entier réel), on a un développement

$$f(x) = \varphi(x) + \sum_{n=0}^{\infty} \varphi_n(x)(x-\sigma^n x_0)^{n+1}[(x-\sigma^n x_0)^{\nu} - P_n(x)],$$

lorsque $|\sigma|$ est plus grand que 1, $\varphi(x)$ et les $\varphi_n(x)$ sont des fonctions holomorphes dans le domaine Δ, les $P_n(x)$ sont des polynomes permettant de rendre la série convergente.

Lorsque $|\sigma|$ est égal à 1, on a un développement analogue sans polynomes; le nombre de ses termes est fini lorsque σ est une racine de l'unité. Ces développements mettent en évidence la position et la nature des singularités de $f(x)$.

3° *Étude du cas où l'origine est point singulier de* $b(x)$. — Lorsque $b(x)$ admet l'origine pour pôle ou point essentiel isolé de tout pôle, j'ai déterminé toutes les solutions de la forme

$$f(x) = \varphi(x)\log x$$

[où $\varphi(x)$ désigne une fonction holomorphe à l'origine, et $\varphi(x)$ une fonction uniforme n'ayant que l'origine pour point singulier] en supposant

$$a(0) \neq 0.$$

Dans le cas $|\sigma| > 1$, ces solutions sont de la forme

$$f(x) = C_1\psi_1(x) + \varphi_1(x) + C_2\varphi_2(x) + (m + nC_2)\psi_1(x)\log x,$$

$\psi_1(x)$ étant une solution particulière, holomorphe à l'origine, de l'équation homogène

$$\psi'_1(x) = a(x)\psi_1\left(\frac{x}{\sigma}\right),$$

$\varphi_1(x)$ et $\varphi_2(x)$ des fonctions satisfaisant à la condition imposée à $\varphi(x)$, C_1 et C_2 étant deux constantes arbitraires. On voit donc que, *en général*, pour une valeur et une seule de C_2, on obtient des solutions uniformes, comme celles que j'avais signalées dans deux cas au paragraphe 3 de ma première Note.

Dans le cas $|\sigma| = 1$, les solutions ne dépendent que d'une seule constante, et sont données par une formule générale qui se déduit de la précédente en annulant $\varphi_2(x)$ et n.

Lorsque l'origine est un pôle d'ordre p pour $b(x)$, c'est un pôle d'ordre $p-1$ pour $\varphi_1(x)$.

Enfin, lorsque $b(x)$ est de la forme

$$b(x) = x^\nu c(x),$$

$c(x)$ étant uniforme autour de l'origine, et pouvant admettre ce point pour pôle ou point essentiel isolé de tout pôle, j'ai déterminé toutes les solutions de la forme

$$f(x) = \psi(x) + x^\nu\varphi(x)$$

[$\psi(x)$ et $\varphi(x)$ étant assujetties aux mêmes conditions que ci-dessus, en supposant toujours $a(0)$ non nulle.

Dans le cas $|\sigma| > 1$, elles dépendent toujours de deux constantes arbitraires et sont données par la formule générale

$$f(x) = C_1\psi_1(x) + x^\nu[\varphi_1(x) + C_2\varphi_2(x)],$$

$\psi_1(x)$ ayant la même signification que ci-dessus.

Dans le cas $|\sigma| = 1$, elles ne dépendent que d'une constante arbitraire et sont données par la formule générale obtenue en annulant $\varphi_2(x)$.

MÉCANIQUE. — *Sur les conditions de sécurité des barrages massifs.* Note de M. **Charles Rabut**, présentée par M. Mesnager.

Comment assurer, malgré les infiltrations possibles, la résistance de la face aval? Posant cette question pour la première fois ([1]), j'ai fait remarquer que la ruine totale d'un barrage non armé n'est qu'une question de temps si une infiltration, même très faible, peut parvenir à proximité de la face aval, où elle produit une tension normale au parement et, par suite, même en l'absence de toute gelée, un soufflage inévitable, fatalement illimité. Ce danger est infiniment plus grave que celui qui, en pareil cas, se produit à l'amont, car une augmentation d'épaisseur ne l'atténue en rien à l'aval : elle rend, au contraire, ce danger plus probable en élargissant la base, où l'infiltration tend à se produire avec le maximum de pression et qui est inaccessible à toute visite et à toute réparation; aussi est-ce par des fuites venues du sous-sol et remontant derrière le parement aval que périssent presque tous les barrages massifs.

Jusqu'à ces derniers temps, alors qu'on protégeait la face amont contre l'introduction de l'eau, d'abord par le rejointement de la maçonnerie, puis par divers enduits appliqués sur le parement du béton, on ne prenait aucune mesure spéciale pour étancher la fondation; aujourd'hui, on pratique des injections de ciment soit pur, soit mélangé à du sable très fin, dans les fissures du sous-sol; ce palliatif coûteux a cela de fâcheux que son efficacité ne peut être contrôlée tant que le barrage n'est pas achevé et mis en charge; il demeure donc imprudent de projeter un barrage massif sans donner à sa face aval, sur toute la profondeur nécessaire, la résistance aux efforts d'extension, sensiblement normaux à cette face, qui peuvent se produire derrière elle par suite des infiltrations.

Ce problème ne comporte qu'une solution, qui est d'armer le massif au moyen de fers de direction normale à la face aval. La longueur et le pourcentage de cette armature se déterminent comme il suit.

Sur toute la face aval y compris la fondation, la force moléculaire qui s'exerce sur un élément superficiel infinitésimal du parement a sa direction normale à cet élément et son intensité nulle quand il n'y a pas d'infiltration; si l'infiltration exerce en cet endroit la pression hydrostatique d'amont, le parement subit une tension moléculaire égale à cette pression. Sur la face

([1]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 313.

amont, au contraire, où le parement subit en charge la pression hydrostatique qui lui est normale, l'infiltration ne peut faire plus qu'équilibrer cette pression et annuler la force moléculaire agissant sur le parement. Entre les faces amont et aval, il y a une infinité continue de surfaces supportant en chacun de leurs points une tension normale d'intensité inférieure à celle de la pression hydrostatique supposée agissante en ce point; dans une section transversale du massif, cette tension croîtrait régulièrement de l'amont à l'aval depuis zéro jusqu'à son maximum. Le tracé le plus rationnel des pièces d'armature est, par conséquent, celui des trajectoires orthogonales de cette série de surfaces (¹). On peut les déterminer dans tous les cas par la théorie de l'élasticité; mais ce degré de précision dépasse les besoins de la pratique, et le tracé des fers doit plutôt obéir à la condition d'être facilement réalisable en exécution; des lignes droites normales à la face aval ont ici deux avantages : le premier, de convenir aussi bien, qu'elles rencontrent la face amont ou la fondation; le second, de résister au cisaillement.

Le pourcentage du fer doit décroître régulièrement du pied à la crête et aussi de l'aval à l'amont; cette double variation se réalisera aisément en disposant du nombre des pièces par mètre carré de la face aval, de la section de ces pièces, enfin de leur longueur en partant de la face aval.

Enfin l'influence des infiltrations sur la face aval ne se traduit pas seulement par la naissance d'efforts d'arrachement, mais aussi par une augmentation des efforts de compression : celle-ci atteint son maximum sur une section horizontale quand la sous-pression règne sur le tiers amont de cette section, et la compression maxima (bord aval) se trouve alors augmentée, si l'on applique la règle de Navier, de la valeur exacte de la pression hydrostatique au bord amont. Cette augmentation importante de pression, non encore signalée à ma connaissance, pourrait être combattue par une surépaisseur donnée au massif; mais ce serait là une faute, attendu que l'armature normale au parement aval, dont je viens d'établir l'*absolue nécessité* comme armature *directe* contre l'extension, fonctionne en outre, automatiquement, comme armature *indirecte* contre la compression; bien entendu, pour qu'elle joue ce second rôle avec sécurité, il faut augmenter son pourcentage tel qu'il vient d'être déterminé; mais on sait que pour résister à la compression dans le cas particulier dont il s'agit, le rendement d'une barre transversale à l'effort est le double de celui d'une barre longitudinale : il

---

(¹) Pour un profil triangulaire, ces surfaces sont des plans passant par la crête, et leurs trajectoires des cercles.

suffit donc d'augmenter ce pourcentage de moitié pour éviter le soufflage.

Cette armature sera ainsi totalement distincte de celle qu'on doit rationnellement opposer aux tensions tangentielles de la face amont; celle-ci, pour avoir le maximum de rendement, doit être formée par une tôle continue ancrée au moyen de lancis dans le massif; elle offre, sur une armature linéaire, l'avantage de constituer le meilleur des revêtements étanches, pourvu qu'elle soit protégée contre la rouille par un enduit approprié.

En résumé, un grand nombre d'observations, déjà faites à l'occasion des désastres dont se compose l'histoire des barrages massifs, concourent à établir que la cause première de leur rupture est presque toujours l'infiltration, maladie mortelle pour ce type d'ouvrages. L'analyse complète et précise des efforts introduits par cette cause dans le massif prouve qu'ils sont beaucoup plus étendus et plus intenses qu'on ne le supposait. D'autre part, la certitude d'un étanchement durable, que peut donner un revêtement parfait sur la face amont, est impossible à obtenir *d'avance* pour le sous-sol, quelle que soit sa nature, et pour la fondation. Tout projet de barrage massif doit donc, à moins d'imprudence, être calculé dans l'hypothèse d'une possibilité indéfinie d'infiltration. Le seul moyen d'écarter l'éventualité de tensions dirigées vers la face aval est d'armer tout le massif au moyen de tiges aboutissant normalement à cette face; pour éviter l'exagération du cisaillement et des pressions tangentielles à la face aval ainsi que toute tension tangentielle à la face amont, cette même armature et une tôle revêtant la face amont sont plus efficaces, à prix égal, qu'une augmentation de l'épaisseur du massif, qu'elles permettent même de réduire avantageusement. Les règles de sécurité des barrages massifs, ainsi complétées et précisées scientifiquement, permettent désormais d'en construire qui échappent sûrement au sort de leurs devanciers.

Il apparaît d'ailleurs immédiatement que, pour les grandes hauteurs de retenue, que les ingénieurs sont de plus en plus conduits à envisager, le maximum de sécurité pour une dépense d'établissement donnée est réalisé par le type évidé, prudemment armé suivant les règles ci-dessus, par la raison majeure qu'il a, sur le type massif, l'avantage de n'être exposé à aucune sous-pression, les infiltrations du sous-sol trouvant un débouché direct à l'aval du rideau.

Ces conclusions s'imposent à d'autant plus forte raison que, d'après la loi de Considère, la résistance propre du béton dans un massif armé dépasse celle du même massif non armé.

MÉCANIQUE. — *Au sujet des travaux de MM.* BLONDEL [1] *et* LECORNU [2] *sur la torsion des arbres de transmission.* Note de M. **CHARLES PLATRIER**, présentée par M. Mesnager.

I. Nous avons déjà exposé une étude générale de la torsion des arbres de transmission sous l'action de couples extérieurs périodiques [3]. Conservant nos notations antérieures et plus particulièrement celle de notre troisième Note, nous nous proposons de montrer tout d'abord *comment, de l'équation générale de résonance*

$$U''_1\left(\frac{1}{T}\right)=0, \tag{1}$$

on peut déduire les équations particulières données par MM. Blondel et Lecornu.

Parmi les tronçons cylindriques ou prismatiques constituant l'arbre de transmission, MM. Lecornu et Blondel considèrent des volants et des accouplements élastiques. Ils assimilent les volants à de grandes masses d'inertie concentrées dans une section droite de l'arbre, c'est-à-dire à des tronçons pour lesquels (l) tend vers zéro, (I) vers l'infini et le produit (lI) vers une quantité finie que nous désignerons par (I) sans craindre d'ambiguïté de notation. Ils assimilent les accouplements élastiques à des masses d'inertie très faibles donnant lieu à des couples de torsion ($C\theta$) proportionnels à l'angle (θ) de rotation relative des deux sections droites extrémités du tronçon de longueur l qui constitue l'accouplement, c'est-à-dire que les accouplements élastiques sont des tronçons tels que (I) est sensiblement nul et que $K = lC$.

Donc pour un volant :

$$\lim R \tan a = \frac{I}{T}; \qquad \lim \frac{\tan a}{R} = 0$$

et pour un accouplement élastique :

$$\lim R \tan a = 0; \qquad \lim \frac{\tan a}{R} = \frac{1}{CT}.$$

Ces remarques faites examinons les différents cas étudiés par MM. Blondel et Lecornu.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1171, et t. 178, 1924, p. 46, 354 et 1120.

[2] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 992 et 1254.

[3] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 990, 1143 et 1362.

1er *cas* (M. Blondel). — Arbre en deux tronçons : le tronçon moteur et un volant.

2e *cas* (M. Lecornu). — Arbre en trois tronçons : un volant moteur, un accouplement élastique et un volant récepteur.

3e *cas* (M. Lecornu). — Arbre en trois tronçons : un volant moteur, l'arbre de transmission proprement dit et un volant récepteur.

4e *cas* (M. Blondel). — Arbre en quatre tronçons : le tronçon moteur, un volant, un accouplement élastique et un volant récepteur.

5e *cas* (M. Blondel). — Arbre en cinq tronçons : un volant moteur, un accouplement élastique (arbre de transmission proprement dit), un volant, un accouplement élastique, un volant récepteur.

L'équation générale de résonance (1) devient dans ces hypothèses :

$$R_1 \operatorname{tang} a_1 + \frac{I_2}{T} = 0. \qquad (2) \qquad (1^{er}\ \textit{cas.})$$

[*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 48, voir formule (13).]

$$\frac{I_1 + I_2}{T} - \frac{I_1 I_3}{C_2 T^2} = 0. \qquad (3) \qquad (2^{e}\ \textit{cas.})$$

[*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 992, voir formules (3) et (4).]

$$R_2 \operatorname{tang} a_2 + \frac{I_1 + I_3}{T} - \frac{I_1 I_3}{T^2}\frac{1}{R_2}\operatorname{tang} a_2 = 0. \qquad (3^{e}\ \textit{cas.})$$

Soit

$$\operatorname{tang} a_2 = R_2 T \frac{I_1 + I_2}{I_1 I_3 - R_2^2 T^2}. \qquad (4)$$

[*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1254, voir formules (2).]

$$R_1 \operatorname{tang} a_1 + \frac{I_2}{T} + \frac{I_4}{T} - R_1 \operatorname{tang} a_1 \frac{1}{C_3 T}\frac{I_4}{T} - \frac{I_2}{T}\frac{1}{C_3 T}\frac{I_4}{T} = 0. \qquad (4^{e}\ \textit{cas.})$$

Soit

$$R_1 \operatorname{tang} a_1 \left(1 - \frac{I_4}{C_3 T^2}\right) + \frac{I_2 + I_4}{T}\left(1 - \frac{I_2 I_4}{I_2 + I_4}\frac{1}{C_3 T^2}\right) = 0. \qquad (5)$$

[*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 51, voir formule (25 *bis*).]

$$\frac{I_1 + I_3 + I_5}{T} - \frac{I_1}{T}\frac{1}{C_2 T}\frac{I_3}{T} - \frac{I_1}{T}\frac{1}{C_2 T}\frac{I_5}{T} - \frac{I_1}{T}\frac{1}{C_4 T}\frac{I_5}{T} - \frac{I_3}{T}\frac{1}{C_4 T}\frac{I_5}{T} + \frac{I_1}{T}\frac{1}{C_2 T}\frac{I_3}{T}\frac{1}{C_4 T}\frac{I_5}{T} = 0. \qquad (5^{e}\ \textit{cas.})$$

Soit

$$\frac{I_1}{T}\left(1 - \frac{I_5}{C_4 T^2}\right) + \left(1 - \frac{I_1}{C_2 T^2}\right)\frac{I_3 + I_5}{T}\left(1 - \frac{I_3 I_5}{I_3 + I_5}\frac{1}{C_4 T^2}\right) = 0. \qquad (6)$$

[*Comptes rendus*, t. 178, 1924, page 50, formule (22).]

II. M. Blondel a étudié en outre (¹) la torsion d'un *arbre de transmission quand des couples amortisseurs* de la forme $F(x)\frac{\partial\alpha}{\partial t}$ *agissent sur lui.* Nous nous proposons de montrer *comment nos résultats déjà cités permettent de résoudre complètement le problème* qui se pose alors, voir même celui où les couples amortisseurs sont de la forme

$$F(x)\frac{\partial\alpha}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\Phi(x)\frac{\partial^2\alpha}{\partial x\,\partial t}\right). \tag{7}$$

Dans ces nouvelles hypothèses, le théorème des moments cinétiques par rapport à Ox peut s'écrire en effet :

$$I(x)\frac{\partial^2\alpha}{\partial t^2}=\Gamma(x)e^{\sqrt{-1}\frac{t}{T}}-F(x)\frac{\partial\alpha}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(K(x)\frac{\partial\alpha}{\partial x}\right)-\frac{\partial}{\partial x}\left(\Phi(x)\frac{\partial^2\alpha}{\partial x\,\partial t}\right). \tag{8}$$

Posons

$$\alpha(x,\,t)=B(x)e^{\sqrt{-1}\frac{t}{T}},$$

nous obtenons

$$\frac{d}{dx}\left(K-\sqrt{-1}\,\frac{\Phi}{T}\right)\frac{dB}{dx}+\frac{1}{T^2}(I-\sqrt{-1}\,FT)B+\Gamma=0. \tag{9}$$

C'est l'équation (13) de notre troisième Note où les K et les I sont remplacés respectivement par $\left(K-i\frac{\Phi}{T}\right)$, $(I-iFT)$. Nous saurons donc trouver les fonctions B qui satisfont à (9) et aux conditions aux limites $\frac{dB}{dx}=0$ pour $x=0$ et $x=L$. Ces fonctions deviennent infinies si

$$U_0^L\left(\frac{1}{T}\right)=0.$$

Mais ici

$$U_0^L\left(\frac{1}{T}\right)=X_0^L\left(\frac{1}{T}\right)+iY_0^L\left(\frac{1}{T}\right)\qquad (X_0^L \text{ et } Y_0^L \text{ réels}).$$

Il faut donc que simultanément X_0^L et Y_0^L soient nuls et, *quand il existe des couples amortisseurs du type* (7), *on voit qu'en général il n'existera plus de périodes critiques dites de résonance*, résultat dont les conséquences pratiques méritent de retenir l'attention.

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1120.

ASTRONOMIE. — *Passage de Mercure devant le Soleil le 8 mai 1924.* Note de M. **Henri Mémery.**

Le passage de la planète Mercure devant le Soleil a été suivi, à l'Observatoire de Talence, dans des conditions atmosphériques favorables (ciel clair, temps calme) que ne laissait pas prévoir le mauvais temps des jours précédents. La température était relativement basse pour la saison : + 5° sous l'abri météorologique, + 3° à l'air libre sur la terrasse de l'observatoire.

L'instrument employé a été la lunette équatoriale de 160^{mm} d'ouverture; grossissements : 200 fois, au lever du Soleil, 400 fois vers la fin du phénomène.

Après le lever du Soleil, Mercure était visible près du bord ouest de l'astre, sous la forme d'un disque parfaitement rond et d'un noir absolu, donnant nettement l'impression que cet objet ne faisait pas partie de la surface solaire. Les noyaux d'un groupe de taches visible depuis la veille et situé près de l'autre bord du Soleil paraissaient gris, comparés à la teinte noire de Mercure.

Par suite de la faible hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon et du mélange des couches d'air qui provoquait une ondulation des images télescopiques, il n'a pas été possible d'obtenir une fixité suffisante de ces images permettant de vérifier l'existence de points brillants sur le disque de Mercure signalés par divers observateurs.

De même, aucune auréole lumineuse correspondant à l'atmosphère de la planète n'a été constatée.

Mercure a franchi le bord occidental du Soleil à l'heure fixée par le calcul ($5^h 37^m$).

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Étude sur la répartition de l'énergie dans quelques spectres stellaires.* Note de M. **Jules Baillaud**, présentée par M. B. Baillaud.

J'ai indiqué dans une Note du 6 août 1923, la méthode expérimentale que j'ai appliquée dans cette étude effectuée, pour les observations, à l'Observatoire du Pic-du-Midi, et pour les recherches de laboratoire et les mesures, à l'Observatoire de Paris. Les courbes provisoires que j'ai alors

publiées, donnant la répartition de l'énergie dans les spectres de Véga (type A) et de ε Orion (type B) suffisent pour illustrer les résultats généraux dont je vais rendre compte.

Deux faits bien nets ressortent de l'ensemble des étoiles examinées :

1° Les courbes spectrales d'énergie des étoiles des types F_5, A et B, se différencient nettement en trois groupes correspondant à chacun des types;

2° Seule la courbe de Procyon (F_5, naine) se rapproche dans son ensemble de la courbe du corps noir. Les courbes trouvées pour les étoiles des types B et A n'ont aucun rapport avec celle du corps noir, à quelque température qu'on le considère, tout au moins pour les régions spectrales de longueurs d'ondes plus courtes que $\lambda\, 500^{m\mu}$: il est impossible de les appliquer à l'évaluation des températures optiques.

Les courbes des étoiles du type B mettent en évidence une diminution de l'énergie continue et, pour certaines étoiles (γ Cassiopée, ε Orion), particulièrement rapide, à partir de l'extrémité ultraviolette du spectre. Les courbes des étoiles du type A montrent l'existence d'un maximum d'énergie aux environs de $\lambda 400^{m\mu}$ précédé et suivi par un affaiblissement considérable. Jusque vers λ500 les pentes sont beaucoup plus fortes que celles des courbes tracées par l'application de la formule de Planck. Les courbes de Rigel et de Véga qui ont pu être prolongées jusqu'à λ650 présentent aux environs de λ500 un changement de pente au delà duquel elles se rapprochent de la courbe du corps noir.

De la différence entre le mode de distribution de l'énergie dans les étoiles des types A et B, et dans les étoiles F, on doit conclure que l'origine du spectre continu n'est pas la même pour les étoiles blanches et pour les étoiles jaunes.

Pour ces dernières, au moins pour les étoiles naines dont Procyon fait partie, comme le Soleil, le spectre continu, analogue à celui du corps noir, proviendrait d'une photosphère de particules solides incandescentes.

Pour les étoiles A et B, on aurait affaire à un rayonnement tout différent, celui de masses de gaz à très hautes températures. On sait que les gaz à hautes températures peuvent émettre un rayonnement thermique qu'on a assimilé à celui du corps noir. Mais les gaz et les vapeurs peuvent aussi avoir des spectres continus très différents limités à certaines radiations. En particulier ce fait a été reconnu pour l'hydrogène qui est un constituant essentiel des étoiles du type A, et M. St. Procopiu l'a signalé dernièrement pour les vapeurs métalliques produites par un arc dans le vide, attribuant à

une émission analogue à celle de ces vapeurs l'excès d'énergie que mes observations manifestent dans le rayonnement stellaire.

Les étoiles A et B seraient des masses de gaz, formées sans doute d'un noyau central soumis à de fortes pressions se continuant par une atmosphère de plus en plus raréfiée et extrêmement étendue. A un spectre continu dû au rayonnement thermique du noyau, se superposeraient les phénomènes d'émission ou d'absorption se produisant dans l'atmosphère, comme cela a lieu pour les raies, l'absorption ou l'émission prédominant suivant l'importance relative de l'atmosphère et du noyau. Dans les étoiles du type A, le rayonnement thermique du noyau serait plus important; le spectre continu de l'atmosphère se manifesterait par l'excès d'énergie des radiations de grandes longueurs d'ondes, et par la bande d'absorption importante de la fin de la série de Balmer, suivant un processus analogue à celui qui, dans les étoiles à raies brillantes, fait apparaître les premières raies de la série de Balmer comme raies d'émission, les dernières comme raies d'absorption. Dans les étoiles du type B, l'émission continue, produite par les vapeurs de l'atmosphère, prédominerait pour toutes les radiations sur celle du noyau, ou formerait même à elle seule le spectre continu que l'on observe. C'est l'hypothèse même que l'on fait généralement pour expliquer l'origine de raies brillantes dans certaines étoiles. Il est remarquable que ce soit précisément pour une étoile à raies brillantes, γ Cassiopée, que j'ai trouvé la pente la plus forte pour la courbe d'énergie, le rayonnement qui s'écarte le plus de celui du corps noir.

Malgré l'incertitude qui s'attache à cette interprétation de mes résultats, il semble bien que cette première étude de la distribution de l'énergie dans les spectres stellaires confirme les idées actuelles sur la constitution des astres. J'espère la poursuivre cet été au Pic-du-Midi, sur un plus grand nombre d'étoiles, et en particulier sur des étoiles géantes jaunes, qui, quoique à plus basse température que les étoiles A et B, sont considérées comme des masses de gaz encore plus étendues.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Viscosité des mélanges aqueux d'anhydride chromique et d'alcalis. Viscosité des chromates et sulfates en rapport avec leur isomorphisme.* Note de M. **L.-J. Simon.**

On sait que les solutions aqueuses d'acide sulfurique et d'anhydride chromique se comportent différemment à la neutralisation en présence des indicateurs.

Nous avons vérifié, après d'autres, que les solutions chromiques colorent en rose l'hélianthine et qu'un virage se produit par addition d'une molécule d'alcali à une molécule de CrO^3 et, d'autre part, que deux molécules d'alcali font apparaître la coloration rose en présence de phénolphtaléine. On observe une différence corrélative en suivant la neutralisation au moyen de la viscosité.

Les expériences ont été conduites de la même manière que pour l'acide sulfurique [1] : avec des solutions équimoléculaires ($\theta = 1$) d'anhydride chromique et d'alcali (soude et potasse), on fait des mélanges régulièrement variables et avec chacun d'eux on exécute une série de mesures entre 8° et 25°; on a ainsi les éléments de calcul et de contrôle des constantes a, b et k de la formule hyperbolique $\eta = k\frac{a-t}{b+t}$ qui groupe toutes les mesures. Cette formule donne à 10^4 près la valeur de la viscosité à toute température entre les valeurs extrêmes (à 15° par exemple). Avec ces valeurs en ordonnées on construit un diagramme dont les abscisses sont les proportions du volume des solutions avec lesquelles on a constitué les mélanges.

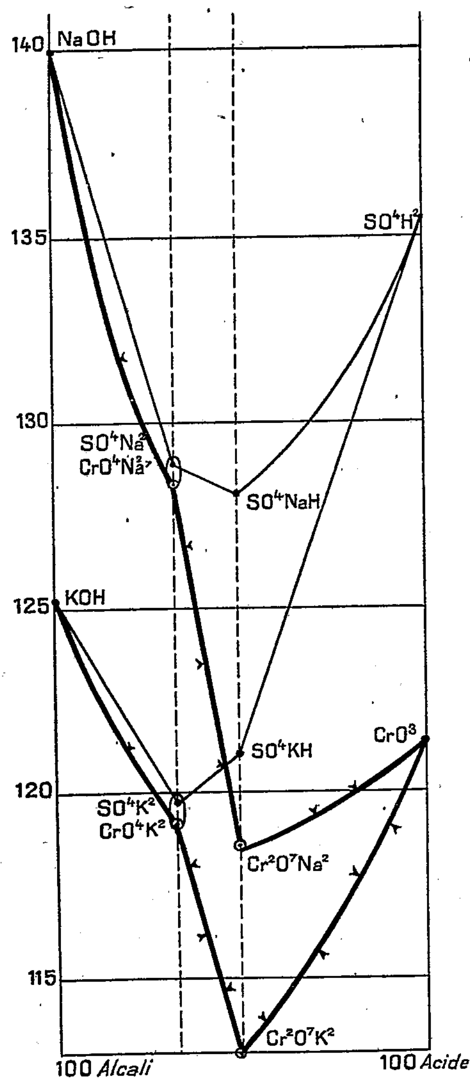
NaOH $\theta = 1$.	CrO^3 $\theta = 1$.	a.	b.	k.	$\eta_{15} \times 10^4$.
100......	0	169,69	35,91	46,12	140,13
80.......	20	178,84	35,35	40,80	132,76
70.......	30	259,48	31,90	24,66	128,55
65.......	35	241,94	32,29	26,42	126,79
60.......	40	265,31	31,82	23,14	123,71
55.......	45	273,14	31,82	21,94	120,96
50.......	50	233,82	33,58	26,34	118,64
45.......	55	384,81	29,49	14,28	118,70
30.......	70	272,58	32,67	22,11	119,47
20.......	80	224,07	35,43	28,96	120,06
0........	100	311,843	33,105	19,628	121,12

Dans une autre série, on a mesuré pour une température donnée (15°) et pour des concentrations variables la viscosité de l'anhydride chromique, des chromates et des bichromates comme cela avait été fait pour l'acide sulfurique et les alcalis (*loc. cit.*). On a pu les relier par les formules suivantes :

CrO^3.....	$\eta = 113\,e^{0,0645\theta}$ ou mieux $113 + 7,35\theta + 0,850\theta^2$	valable jusqu'à	$\theta = 2$
CrO^4Na^2..	$113\,e^{0,3834\theta}$	»	$\theta = 0,5$
CrO^4K^2...	$113 + 18,35\theta$	»	$\theta = 0,5$
$Cr^2O^7Na^2$.	$113 + 22,56\theta$	»	$\theta = 0,25$
$Cr^2O^7K^2$.	113		

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1076-1079.

Soulignons en passant la particularité que présente le bichromate de potassium *de ne pas modifier sensiblement entre* 10° *et* 25° *la viscosité de l'eau* dans laquelle il est dissous.



Avec les formules ci-dessus, on peut déterminer la viscosité pour une concentration quelconque et, par suite, comme pour le cas de l'acide sulfurique (*loc. cit.*), calculer, additivement, la viscosité des mélanges CrO^4M^2 et alcali, CrO^4M^2 et $Cr^2O^7M^2$, $Cr^2O^7M^2$ et CrO^3 qui se présentent dans

le diagramme; en confrontant ces résultats de calcul avec l'observation directe, les courbes ainsi tracées se confondent : ceci constitue un contrôle de la première série de mesures.

S'il s'agit de conclure à la fonction simple ou multiple de l'acide, *le choix de la grandeur inscrite en abscisse dans le diagramme n'est pas indifférent.*

Avec la convention admise dans la figure, les bichromates se manifestent par un minimum très net de la viscosité; au contraire, les chromates n'apparaissent pas. Si, autrement, l'on convient de comparer les viscosités sous un même titre moléculaire, $\theta = 0,33$ par exemple, les chromates se mettent en évidence par un maximum de viscosité. Les formules ci-dessus permettent de calculer les valeurs de η pour cette concentration :

KOH.....	117	CrO^4K^2..	119,1	$Cr^2O^7K^2$..	113	CrO^3.....	115,5
NaOH....	121,5	CrO^4Na^2.	128,4	$Cr^2O^7Na^2$.	120,5		

En portant ces valeurs sur des ordonnées équidistantes, la discontinuité apparaît pour CrO^4Na^2 et CrO^4K^2 et disparaît pour $Cr^2O^7Na^2$.

Pour $Cr^2O^7K^2$ le minimum persiste : *le choix de la solution alcaline n'est donc pas indifférent pour une telle étude*, si l'on veut accroître les chances de raisonner exactement.

Arrivons maintenant à la conclusion que nous espérions tirer de cette comparaison : *les viscosités des solutions des chromates et sulfates neutres, dont on sait qu'ils sont isomorphes, sont pratiquement identiques* pour le titre $\theta = 0,33$ et pour les titres inférieurs, comme le montre le diagramme. Cet accord se prolonge pour les titres supérieurs :

	CrO^4Na^2.	SO^4Na^2.	CrO^4K^2.	SO^4K^2.
$\theta = 0,4$..............	131,7	132,1	120,34	120,8
$\theta = 0,5$..............	136,9	137,3	122,45	122,7

Corrélativement, les lignes représentatives s'écartent notablement pour les sels dont les symboles ne prétendent rappeler aucune propriété commune.

Les molécules des substances isomorphes modifient donc également la viscosité de l'eau dans laquelle elles sont dissoutes, à la même température et dans certaines limites de concentration.

En rapport avec la syncristallisation et en général avec la cristallogénie, apparentée, d'autre part, avec la loi de Raoult, cette nouvelle loi a une importance qu'on ne peut méconnaître et que d'autres expériences contribueront, il faut l'espérer, à confirmer et à étendre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence du recuit sur les propriétés magnétiques des tôles au silicium employées dans la construction électrique.* Note de M. **R. Cazaud**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'objet de la présente recherche a été de préciser les meilleures conditions de recuit de tôles d'acier au silicium brutes de laminage (influences de la température, des vitesses d'échauffement et de refroidissement, de la nature de l'atmosphère et de la durée de chauffage).

Les propriétés étudiées ont été : la perméabilité magnétique (appareil Iliovici, sens du laminage et sens perpendiculaire), le coefficient et les pertes d'hystérésis (hystérésimètre Blondel), la résistivité et les pertes Foucault.

Ces essais ont porté sur des tôles à différentes teneurs en silicium; les chiffres indiqués ci-après ont été choisis parmi les résultats les plus caractéristiques.

Influence de la température. — Pour une durée de 2 heures, c'est à la température de 450° que l'influence de ce traitement commence à se faire sentir. Elle se traduit par une augmentation considérable de la perméabilité (mais seulement aux basses inductions) et par une réduction appréciable des pertes.

La perméabilité et les pertes par hystérésis passent respectivement par un maximum et un minimum pour une température de 800° (quelle que soit la teneur en silicium), puis les propriétés magnétiques se dégradent avec la surchauffe. Les pertes Foucault ne sont pas sensiblement modifiées.

J'ai constaté en outre, pour toute température de recuit, que le sens du laminage est toujours plus favorable à la perméabilité que le sens perpendiculaire.

Le tableau ci-après donne les valeurs des propriétés magnétiques de tôles à 2,05 pour 100 de silicium recuites à diverses températures. (Les pertes sont exprimées en watts par kilogramme pour l'induction de 10000 gauss et la fréquence 50.)

Température de recuit.	ℬ gauss pour ℋ = 15 gauss. Sens laminage.	Sens perpendiculaire.	Pertes par hystérésis. Coeff. η.	Pertes en watts.	Foucault. Résistivité.	Pertes en watts.	Pertes totales.
Avant recuit.	10700	10000	0,00328	5,45	39	0,35	5,80
450°........	11400	10700	0,00312	5,20	39	0,35	5,55
600°........	13400	12600	0,00240	4,00	39	0,35	4,35
750°........	14000	13400	0,00137	2,30	39	0,35	2,65
900°........	13900	13300	0,00147	2,45	34	0,40	2,85
1100°.......	13600	13000	0,00174	2,90	32	0,43	3,33

Influence des vitesses d'échauffement et de refroidissement. — La vitesse d'échauffement ne semble pas influer sur les effets du recuit.

Au contraire, la rapidité du refroidissement après chauffage a une influence très marquée : C'est ainsi qu'après recuits à 950° pendant 2 heures suivis de refroidissements lents, à l'air ou très brusques par immersion dans l'eau, les pertes sont minima pour le refroidissement à l'air.

Les chiffres suivants se rapportent à des tôles à 2,85 pour 100 Si :

Nature du refroidissement.	Coefficient η.	Pertes par hystérésis.
Très lent.....................	0,00122	2,00
A l'air.......................	0,00099	1,65
Dans l'eau....................	0,00127	2,10

Influence de la nature de l'atmosphère. — L'oxydation dans le recuit apporte une majoration des pertes. Sur des tôles à 4,11 pour 100 Si recuites 2 heures à 850°, j'ai obtenu :

Nature de l'atmosphère.	Coefficient η.	Pertes par hystérésis.
Oxydante......................	0,00107	1,80
Gaz d'éclairage...............	0,00090	1,50
Gaz pauvre....................	0,00095	1,60

Influence de la durée du recuit. — Pour une température de recuit donnée, les pertes par hystérésis diminuent avec le temps et tendent, assez lentement d'ailleurs, vers une valeur limite pratiquement atteinte en une quinzaine d'heures. Pour des tôles à 2,5 pour 100 Si donnant avant recuit un coefficient d'hystérésis de 0,0033 et des pertes de 5^{watts},50, j'ai obtenu :

Durée du recuit en heures.	Recuit à 600°. Coefficient η.	Pertes.	Recuit à 800°. Coefficient η.	Pertes.
1..............	0,00266	4,45	0,00126	2,10
2..............	0,00255	4,25	0,00120	2,00
3..............	0,00249	4,15	0,00117	1,95
5..............	0,00244	4,05	0,00115	1,90
7..............	0,00241	4,00	0,00113	1,88
15.............	0,00238	3,95	0,00112	1,86

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les procédés d'étude de l'évolution des caoutchoucs. Polarisation diélectrique et résistivité ohmique.* Note de MM. **J. Villey**, **P. Vernotte** et **H. Lacaze**, présentée par M. Cotton.

La polarisation diélectrique apparaît *a priori* comme un des phénomènes les plus capables de déceler les évolutions de contexture interne des caoutchoucs.

Le procédé à utiliser pour l'étudier est classique : On étudie les charges $q(t)$ qui continuent à s'accumuler progressivement, après la mise en connexion, sur un condensateur ayant pour diélectrique le caoutchouc envisagé, lorsqu'une batterie d'accumulateurs entretient une différence de potentiel constante V entre ses deux armatures A et B.

Pour cela, on relie B au quadrant isolable C d'un électromètre sensible, on établit V entre la cage protectrice D et l'armature A, et l'on isole aussitôt l'ensemble B, C. La charge croissante $q(t)$ reçue par A fait naître par influence $(-q)$ sur B et $(+q)$ sur C, et la déviation du spot mesure la différence de potentiel v, proportionnelle à q, qui en résulte entre B, C et la cage D.

Cela entraîne une légère altération du champ polarisant, puisque la différence de potentiel entre A et B est $(V - v)$ au lieu de V. Mais il suffit, dès que v cesse d'être pratiquement négligeable devant V, de l'annuler par une mise en contact instantanée de B, C avec D, qui fait disparaître la charge induite sur C; $q(t)$ est alors défini à chaque instant par la somme $(q_1 + q_2 + q_3 + \ldots)$ des charges ainsi évacuées successivement, et qui ont été mesurées par les élongations successives du spot.

Il est pratiquement plus intéressant de construire directement la courbe représentant $\frac{dq}{dt} = i$ en fonction de t, qu'on obtient immédiatement en mesurant les vitesses de déplacement du spot dans ses déviations successives.

Mais un procédé d'étude comme celui-là ne peut rendre de services pratiques en vue des contrôles d'identification, que si ses résultats peuvent être facilement exprimés par un petit nombre de caractéristiques numériques.

En fait, nos expériences nous ont permis de vérifier le degré de précision élevé avec lequel les courbes de i en fonction de t sont identifiables à des hyperboles équilatères d'asymptotes parallèles aux axes Oi et Ot. Tous les résultats qu'elles représentent peuvent donc être résumés en trois caractéristiques numériques, qui seront, par exemple, l'abscisse T de l'asymptote Ωy, l'ordonnée I de l'asymptote Ωx, et la constante k^2 de l'équation $xy = k^2$ qui représente cette hyperbole rapportée à ses deux asymptotes (les échelles de représentation de i et de t étant, bien entendu, définies et invariables).

La courbe expérimentale se confond avec la partie moyenne de la branche de cette hyperbole située dans le quadrant des i et des t positifs. Pour $t = 0$, i a certainement une valeur finie; donc l'abscisse T de l'asymptote Ωy parallèle à Oi doit être négative, ce qu'on trouve bien en fait; la partie de l'hyperbole située entre Oi et Oy n'a aucune signification expérimentale ($t < 0$).

L'extrapolation pour les valeurs positives très petites de t jusqu'à $t = 0$ paraît admissible; elle conduit à considérer l'intersection de l'hyperbole avec l'axe Oi comme définissant la valeur initiale instantanée i_0, inaccessible pratiquement par une mesure directe parce que i diminue très rapidement au début de la polarisation. C'est cette valeur i_0 qui a une signification physique; mais elle est fournie indirectement par la caractéristique T, que nous conservons comme plus commode et plus immédiate.

L'extrapolation vers les t indéfiniment croissants conduit à un résultat tout à fait logique : on trouve pour I une valeur positive qui caractérise la conductibilité ohmique vraie.

Pour mettre en place les asymptotes à partir de la courbe expérimentale, on applique la symétrie connue, par rapport aux directions asymptotiques, entre une corde et son diamètre conjugué. C'est même la convergence en un même point Ω des droites menées par les milieux de plusieurs cordes, symétriquement à chacune d'elles par rapport aux directions d'axes, qui constitue l'une des vérifications les plus immédiates du caractère hyperbolique de la courbe. Ce point de convergence est le centre de l'hyperbole, ses coordonnées définissent T et I, et il permet de construire immédiatement les deux asymptotes.

On a utilisé, pour ces mesures, les mêmes câbles d'allumage de moteurs d'aviation que pour les études d'amortissement de torsion signalées dans une Note récente. Leur âme de cuivre constituait l'armature B du condensateur. L'armature A était un revêtement de clinquant ajusté autour du câble. Le champ polarisant était produit par une différence de potentiel V de 15 volts entre A et la cage D; l'épaisseur de la gaine cylindrique de caoutchouc était de 3^{mm}; C était déchargé chaque fois que v atteignait 0,1 volt. Les mesures de i ne devenaient précises que pour les valeurs de t de l'ordre de 2 minutes environ; on les poursuivait jusqu'à $t = 20$ minutes environ. La détermination du centre et des asymptotes étant faite, comme il a été indiqué plus haut, en utilisant la courbe expérimentale entre ces deux limites, le produit xy des deux coordonnées rapportées à ces deux asymptotes était constant à l'ordre de précision du graphique, c'est-à-dire à 1 pour 100 environ.

Les coefficients caractéristiques k^2 et I ainsi déterminés ont des variations thermiques très importantes (de l'ordre de 6 à 7 pour 100 par degré au voisinage de 15° pour les échantillons étudiés) qui exigent la réalisation

des mesures dans une bonne enceinte thermostatique. Ces variations thermiques elles-mêmes paraissent d'ailleurs devoir fournir des caractéristiques fort intéressantes.

L'utilisation effective de ce procédé d'identification à l'étude de l'évolution des caoutchoucs demande des expériences encore prolongées; mais elle a pu être préparée grâce à l'active collaboration de l'un de nous, récemment enlevé, aussi brusquement que prématurément, à la Science : les résultats déjà acquis sont résumés ici en hommage à sa mémoire.

MÉTALLURGIE. — *Observations au sujet de la Note de* M. MESNAGER *sur la différenciation des aciers par l'examen des étincelles de meulage.* Note de M. **E. PITOIS**, présentée par M. Rateau.

A propos de l'essai aux étincelles (¹), j'ai l'honneur d'attirer l'attention sur le fait que s'il est exact, comme l'a fait observer M. Mesnager (²), que ce sujet ait déjà fait l'objet d'études conduisant à des conclusions très analogues à *certaines* des miennes, cela n'enlève rien à l'originalité de mon travail, attendu que je suis le premier à avoir réussi à *enregistrer scientifiquement* ce phénomène en le photographiant, ce qui m'a permis, comme je l'ai déclaré, de mettre au point ce procédé d'essai, et de nombreux correspondants me font même remarquer que les concordances signalées par M. Mesnager sont un argument de plus pour que passe enfin dans la pratique une méthode pour laquelle on pouvait craindre jusqu'ici que les résultats des observations soient par trop sujets à variations suivant les observateurs. D'autre part, mes gammes photographiques ont permis de *préciser* tous les *détails* du phénomène. De plus, les expériences dans l'acide carbonique et l'oxygène, que je suis également le premier à avoir réalisées, ainsi que les micrographies d'incrustations, ont donné des *preuves* là où il n'y avait que des essais d'explications.

Enfin, nul n'avait songé non plus à différencier les aciers à soupapes par le *meulage dans l'oxygène*, et ce nouveau critère d'inoxydabilité à haute température pour une classe d'acier si importante en automobilisme et aviation mérite tout particulièrement d'être mis en évidence.

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 942.
(²) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1037.

CHIMIE MINÉRALE. — *L'existence du carborundum dans certains cristaux d'azoture d'aluminium.* Note de M. **Camille Matignon**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

En faisant l'analyse d'un échantillon de cristaux bien définis d'azoture d'aluminium, nous avons trouvé qu'il contenait du carborundum associé à l'azoture, soit sous forme de solution solide, soit sous forme de combinaison.

Ces cristaux se présentaient en aiguilles transparentes, dures et cassantes, à éclat adamantin, de teinte bleutée, ayant le même aspect que les cristaux ordinaires d'azoture; leur densité à 15° a été trouvée égale à 3,203.

On les avait obtenus dans une préparation habituelle d'azoture, c'est-à-dire en chauffant, dans un four électrique, parcouru par un courant d'azote, un mélange aggloméré d'alumine industrielle et de coke. La chambre du four prismatique et verticale était chauffée par une électrode en charbon placée suivant l'axe du prisme. On opérait sur une quantité de matière première voisine d'une tonne.

A la fin de l'expérience, l'azoture se présente en un bloc aggloméré formant une cavité autour de l'électrode; sur la face du bloc, tournée du côté de l'électrode, apparaît un conglomérat de cristaux d'où émergent des aiguilles ou des cristaux trapus; les dimensions des cristaux diminuent au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'électrode pour ne constituer dans la partie opposée qu'un aggloméré cristallisé.

La formation du carborundum s'explique par la présence de la silice apportée surtout par le coke et en plus petite quantité par l'électrode; d'ailleurs, les conditions nécessaires à sa genèse sont bien réalisées dans la préparation de l'azoture, et d'autre part ce carbure une fois formé ne peut être transformé ultérieurement en azoture dans un milieu azoté.

Les aiguilles étudiées avaient été détachées isolément de la face voisine de l'électrode.

L'analyse de ce produit est assez délicate. On en a opéré l'attaque par le bisulfate ou par la soude. Cette dernière fournit les meilleurs résultats; avec le bisulfate, il est difficile d'obtenir une attaque complète même après plusieurs reprises. On peut aussi commencer par le bisulfate et terminer par la soude.

Silicium et aluminium. — Le silicium dosé par les méthodes habituelles a

fourni des résultats bien concordants avec les liqueurs d'attaque par la soude :

Silicium pour 100	9,00
»	8,96
»	8,86
Moyenne	8,94

L'aluminium a été isolé soit sous forme d'alumine, soit surtout sous forme de phosphate PO^4Al. On a obtenu par la première méthode :

Aluminium pour 100	56,9
»	57,44

par la seconde :

Aluminium pour 100	57,5
»	57,5

Azote. — L'azote est dosé sous forme d'ammoniaque en attaquant le corps par la soude fondante. On opère dans un tube en cuivre ou en acier, fermé hermétiquement par un bouchon à vis et parcouru par un courant d'hydrogène amené par une tubulure métallique. Une deuxième tubulure formant réfrigérant ascendant laisse dégager l'hydrogène et l'ammoniaque qui barbotent en dernier lieu dans une solution acide. Dans la crainte qu'un peu d'alcali ne soit entraîné par les gaz, le dosage n'est effectué qu'après distillation, dans un appareil de Müntz et Aubin, de la solution ammoniacale recueillie au cours de l'attaque. On doit chauffer progressivement et éviter toute surchauffe de la soude fondue. Cette méthode donne d'excellents résultats :

$$Az \begin{cases} 29,36 \\ 29,36 \end{cases}$$

La quantité de fer contenue dans le produit n'était pas dosable.

Carbone. — Le dosage exact du carbone est une opération des plus difficiles. On a mis en évidence l'existence du carbone en chauffant le produit porphyrisé dans un courant d'oxygène à une température comprise entre 1200° et 1300°. Il est bien difficile d'obtenir ainsi tout le carbone, même en soumettant la matière à de nombreuses pulvérisations et oxydations successives. Le gaz carbonique était recueilli dans une solution de baryte et dosé sous forme de carbonate. Plus tard, le dosage a été repris en présence d'un mélange chromate alcalin et chromate de plomb.

On a trouvé des nombres variables avec la durée de l'action oxydante, avec le mode opératoire, le minimum obtenu a été de 2,5 pour 100; mais

dans les conditions les meilleures, on a pu obtenir jusqu'à 3,4 pour 100, nombre certainement inférieur au chiffre réel, étant données les difficultés de combustion. La présence du carbone dans la proportion d'un atome de silicium pour un atome de carbone entraînerait une teneur de 3,83 pour 100 de carbone, chiffre qui s'accorderait, aux erreurs d'expériences près, avec les teneurs des autres éléments. J'ajoute que la recherche qualitative d'autres constituants n'a pas permis d'en manifester l'existence. Avec cette teneur 3,83, on aurait pour la composition du produit étudié :

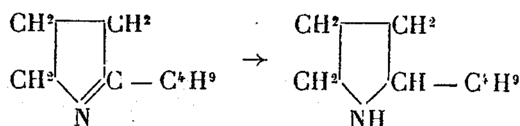
Az	29,36
Al	57,5
Si	8,94
C	3,83
	99,63

On peut donc considérer les cristaux comme une combinaison ou une solution réciproque de carborundum et d'azoture d'aluminium.

En tenant compte du dosage de l'azote, qui comporte le plus de précision, le carborundum et le nitrure se trouveraient dans une proportion se traduisant par la formule 6AlAz.SiC.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle synthèse de l'α-n-butylpyrrolidine.* Note de MM. **E.-E. Blaise** et **A. Cornillot**, présentée par M. Haller.

Dans une Note antérieure, nous avons donné une méthode de synthèse de l'α-*n*-butylpyrroline et montré l'intérêt que présente la transformation de cette base en la base pyrrolidique correspondante



Nous avons estimé que, pour éviter toute transposition moléculaire, il était indispensable de proscrire l'emploi de l'acide iodhydrique comme agent d'hydrogénation, alors que M. Kurt Hess, au contraire, a cru pouvoir recourir à ce réactif. Dès lors, l'hydrogénation au moyen du sodium et de l'alcool absolu, ou l'hydrogénation catalytique, à froid, pouvaient seules être utilisées. La première donne des résultats médiocres; quant à la

seconde, elle offre évidemment le maximum de garanties, en ce qui concerne la constitution du produit obtenu. Aussi est-ce à cette dernière que nous nous sommes arrêtés.

Des essais préliminaires ont été effectués sur l'$\alpha\alpha'$-diméthylpyrroline, facile à obtenir par action de l'acétonylacétone sur l'ammoniaque, puis hydrogénation du diméthylpyrrol ainsi formé, à l'aide du zinc et de l'acide chlorhydrique. Cette base, très volatile, bouillant à 110° sous la pression atmosphérique, a été déjà obtenue par Knorr et Rabe. Son chloraurate brut fond vers 65°, mais après deux cristallisations dans l'acide chlorhydrique étendu, le point de fusion s'élève à 77°; Knorr et Rabe indiquent 68°-69°. La phénylurée correspondante, purifiée par cristallisation dans le benzène, fond à 130°. Après un premier essai d'hydrogénation, en présence de noir de platine, nous avons donné la préférence à la méthode de Skita, beaucoup plus simple, et qui fournit des résultats au moins aussi avantageux. Le chlorure platinique est réduit par la gomme arabique, on ajoute ensuite la base, en solution dans l'acide acétique à 50 pour 100, puis l'on agite, dans une atmosphère d'hydrogène. L'expérience montre que l'hydrogénation n'est pas totale, mais son taux atteint au moins 90 pour 100 du taux théorique. L'$\alpha\alpha'$-diméthylpyrrolidine est incolore, possède une très forte odeur, et bout à 106°,5, sous la pression atmosphérique. Le chloraurate fond à 85°, alors que Feuer et Tafel indiquent 96°-100° (1). La phénylurée correspondante est très bien cristallisée et fond à 142°.

Nous avons alors appliqué ce procédé d'hydrogénation à l'α-*n*-butylpyrroline et nous avons obtenu, avec un rendement de 80 pour 100, l'α-*n*-butylpyrrolidine. Celle-ci bout très bien à 67°, sous 18^{mm}. Nous en avons préparé les dérivés suivants :

Chloroplatinate. — Ce sel se précipite immédiatement à l'état solide; il a été purifié par cristallisation dans l'alcool à 60, additionné d'une goutte d'acide chlorhydrique. Il forme de belles et longues lames; chauffé en tube capillaire, il se ramollit à 118-119° et fond à 123°. Une nouvelle cristallisation ne modifie pas le point de fusion. Dans les eaux mères, on retrouve une trace du chloroplatinate de la butylpyrroline.

Chloraurate. — Ce sel se précipite d'abord sous forme d'huile, mais celle-ci cristallise presque immédiatement. Le sel brut fond à 89°. Il est difficile de le faire recristalliser; on y parvient cependant en employant l'acide acétique cristallisable. Deux cristallisations amènent le point de fusion à 91°,

(1) *Berichte*, t. 32, 1899, p. 3226.

point qui ne se modifie plus. L'analyse conduit à la composition normale : $C^8H^{19}NCl.AuCl^3$.

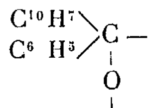
Urée : $C^9H^{19}N^2O$: ce corps s'obtient par action du cyanate de potassium sur le chlorhydrate de la base, au bain-marie. On le purifie par cristallisation dans l'alcool étendu. On obtient ainsi de belles lamelles fondant à 153°. Des eaux mères, on peut extraire une très faible quantité de l'urée correspondant à la butylpyrroline.

En résumé, les constantes de l'α-*n*-butylpyrrolidine obtenue par ce nouveau procédé synthétique et celles de ses divers dérivés l'identifient absolument avec la base que nous avions préparée antérieurement. Le produit de M. Kurt Hess doit donc posséder une autre constitution. Nous pensons, en particulier, que la réduction iodhydrique doit être évitée dans tous les processus synthétiques ayant pour but l'établissement d'une constitution. Il est, en tout cas, infiniment probable qu'une transposition moléculaire s'est produite au cours des réactions que M. Kurt Hess a utilisées.

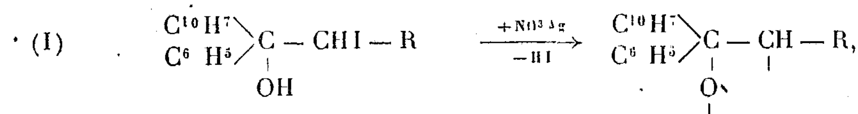
CHIMIE ORGANIQUE. — *Transposition semi-pinacolique des arylhydrobenzoïnes. Aptitudes migratrices comparées des radicaux naphtyle et phényle.* Note de MM. A. Orékhoff et M. Tiffeneau, présentée par M. Haller.

On sait que le radical naphtyle est susceptible d'émigrer dans les mêmes conditions que les radicaux aromatiques monocycliques (phényle, anisyle et homologues) et l'on a pu, dans le cas de la transposition pinacolique [1], en comparant les radicaux phényle et naphtyle, constater que le naphtyle, comme tous les radicaux phénylés substitués, possède des aptitudes migratrices plus marquées que le phényle.

Nous nous sommes proposé de vérifier s'il en est de même en série semipinacolique. Pour réaliser dans cette série le système migrateur

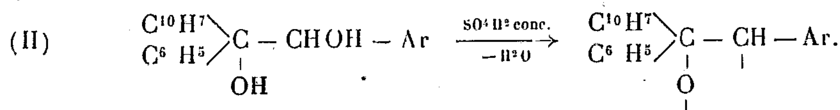


nous ne disposons que des deux réactions suivantes :

(I) 

(1) Elb, *Journ. f. prak. Chem.*, (2) t. 35, 1887, p. 505.

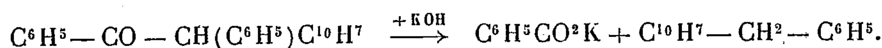
et



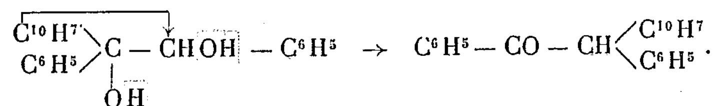
La première de ces réactions qui concerne une iodhydrine de glycol trisubstitué a été étudiée par un de nos collaborateurs, M. Luce; elle n'a donné jusqu'ici aucun résultat, car, dans les cas étudiés, il y a, sous l'influence du nitrate d'argent, départ de IOH et non de HI, avec régénération du carbure ayant servi à préparer l'iodhydrine.

Nous avons étudié la seconde réaction. Le diphényl-α-naphtylglycol, fusible à 198°, a été obtenu par action du bromure de magnésium α-naphtyle sur la benzoïne suivant les indications données par Acree ([1]). Soumis à l'action de l'acide sulfurique concentré, ce glycol s'est transformé non pas en diphénylnaphtophénone (diphényl-1.1-α-naphtyl-1-éthanone), mais ([2]) en α-naphtyldésoxybenzoïne (diphényl-1.2-α-naphtyléthanone) qui fond à 108-109°.

La structure de cette cétone a été établie par scission sous l'influence de la potasse alcoolique qui a formé de l'acide benzoïque et du benzyl-α-naphtalène (phényl-α-naphtylméthane) fusible à 57-58°



On pourrait donc se croire fondé à conclure qu'il y a eu élimination de l'oxhydryle secondaire et transposition semi-pinacolique conformément au schéma suivant :



Cette interprétation est d'autant plus plausible que MM. Mc Kenzie et Richardson ([3]), en traitant par l'acide azoteux l'amino-alcool correspondant au diphényl-α-naphtylglycol, ont obtenu la même cétone ([4]) par une

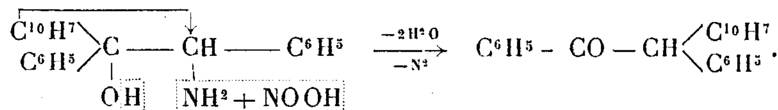
([1]) Acree, *D. Chem. Ges.*, t. 37, 1904, p. 2764.

([2]) A. Mc Kenzie et Roger (*J. Chem. Soc.*, t. 125, 1924, p. 845) ont effectué la même réaction et obtenu la même cétone, fusible à 109°, mais ils n'en ont pas établi la constitution.

([3]) A. Mc Kenzie et Richardson, *J. Chem. Soc.*, t. 123, 1923, p. 79.

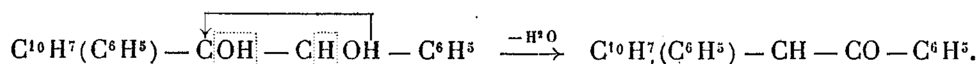
([4]) Cette cétone a été identifiée par Mc Kenzie avec la précédente, mais, comme nous venons de le dire, sa structure n'a pas été établie.

transposition entièrement analogue que Mc Kenzie a généralisée récemment [1], et qu'il a appelée, conformément à notre nomenclature, *désamination semi-pinacolique*.



Or, malgré l'analogie parfaite de ces deux réactions, nous ne sommes pas encore en mesure de conclure que la déshydratation du diphényl-α-naphtylglycol s'effectue suivant le mode de la transposition semi-pinacolique schématisée plus haut.

Un autre mécanisme est possible, celui de la déshydratation vinylique avec migration de l'hydrogène :



Aussi est-ce seulement avec des triarylglycols, contenant trois substituants différents ou seulement deux placés en bonne position, que cette question, actuellement à l'étude, pourra être tranchée.

Pour le moment on peut admettre que c'est la transposition semi-pinacolique qui paraît la plus vraisemblable, et que cette réaction confirmerait la prédominance migratrice du naphtyle sur le phényle.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur une couche particulière au sein de la masse des eaux océaniques*. Note de M. **I. Thoulet**.

Un sondage densimétrique entre la surface et le fond de l'Océan peut être graphiquement représenté sur une même feuille de papier quadrillé par l'ensemble de trois courbes continues rapportées à une échelle commune des profondeurs, celle des températures *in situ* θ, celle des densités *in situ* σ_θ et celle des densités normales σ_0 qui est en même temps celle de la salure $(\sigma_0 - 1)$. L'étude individuelle et comparée, faite d'un seul coup d'œil, de pareils graphiques facilite singulièrement la connaissance détaillée du cycle de la circulation de l'eau dans la nature, commençant à la surface de l'Océan et s'y fermant. Dans les considérations suivantes,

---

(1) A. Mc Kenzie et Roger, *loc. cit.*

je me suis appuyé sur les sondages densimétriques effectués à bord du « *Challenger* » pendant sa mémorable campagne de circumnavigation et mis sous forme de graphiques.

Sous l'action de la chaleur solaire à laquelle s'ajoute celle des vents, l'extrême surface de l'Océan est le siège d'une évaporation intense. L'eau douce, évaporée puis condensée, donne naissance aux météores aqueux, pluies et neiges, qui se répandent sur la totalité du globe terrestre, en fécondent les continents et qui retournent ensuite à l'Océan à l'état d'eau douce soit directement sous forme de pluie ou d'eau de fusion des glaces, soit par l'intermédiaire des fleuves. Le cycle reprend de nouveau son cours à la surface des eaux.

L'évaporation, qui ne supprime que de l'eau douce, enrichit en sels l'eau restante, l'alourdit et la laisse par conséquent aussitôt descendre verticalement à travers la masse liquide sous-jacente. Mélangée dès le début par l'agitation des vagues dues aux vents avec l'eau douce d'apport, elle récupère avec une rapidité relative sa salure primitive et n'arrête son mouvement de descente qu'à la rencontre d'une couche ayant le même σ_0 que celui qu'elle-même possède. Au total, elle forme depuis la surface une couche de mélange limitée inférieurement par la nappe continue, lieu géométrique de l'ensemble des σ_0 minimum des divers sondages densimétriques. Sa profondeur en ces points est mesurable sur la courbe des σ_0 de chaque schéma individuel dont la position géographique est indiquée dans les *Reports* du *Challenger*.

La couche de mélange, dite de diffusion rapide, présente une épaisseur moyenne de 600^m à 800^m et elle est plus épaisse dans les régions tropicales que dans les régions polaires où elle s'amincit considérablement. Si on la suit d'après les ondulations de la nappe des moindres σ_0 qui lui sert de mur, on reconnaît qu'elle se modifie sans cesse selon les variations saisonnières du climat aérien qui la recouvre. Celles-ci se manifestent par les variations dans le σ_0 de l'eau résumant en une valeur numérique unique les effets complexes et inséparables de la chaleur qui rend à la fois l'eau plus légère en la dilatant et plus lourde en augmentant sa teneur en sels par l'évaporation qu'elle provoque. En été, elle pousse sa masse d'eau plus chaude de l'équateur vers l'un ou l'autre pôle et inversement recule du pôle vers l'équateur pendant l'hiver. On la comparerait volontiers à une immense vague ou marée à période annuelle sous l'influence à peu près unique du Soleil, astre distributeur de la chaleur, ou à un gigantesque pendule effectuant ses transgressions et ses régressions alternées et oscillant ainsi d'un

rythme constant d'un pôle à l'autre. Ces mouvements dans les deux hémisphères ne sauraient évidemment manquer d'exercer une influence capitale sur les conditions de la vie marine, planctonique ou autre et, par contrecoup, sur l'exploitation scientifique et méthodique des richesses de la mer par l'industrie des pêches.

Autant qu'on en peut conclure du nombre restreint de documents que nous possédons, l'économie générale de la circulation diffère selon les océans, le σ_0 minimum dont la valeur $\sigma_0 - 1$ représente la salure, varie de 1,0289 dans les régions chaudes à 1,0253 dans les régions glaciales avec une valeur moyenne d'environ 1,0275. Assez régulier et de valeur particulièrement élevée dans l'Atlantique Nord où il dépasse toujours 1,0280, il est beaucoup plus régulier dans l'Atlantique Sud et dans le Pacifique où il atteint rarement 1,0280 : il est irrégulier et de faible valeur dans les régions froides.

La couche de diffusion lente s'étend au-dessous de la couche de diffusion rapide jusque sur le sol océanique; elle constitue la presque totalité de l'épaisse zone de calme servant d'assise inférieure à la masse totale des eaux marines.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Influence des discontinuités météorologiques sur certaines perturbations atmosphériques en télégraphie sans fil.* Note de M. R. **Bureau**, présentée par M. G. Ferrié.

Nous avons signalé dans une Note précédente (¹) la simultanéité du passage d'un front froid sur les Alpes et de la recrudescence des perturbations atmosphériques qui brouillent en France les réceptions radiotélégraphiques; la concordance est tout aussi marquée entre l'arrivée du front chaud et la disparition de ces atmosphériques.

Ces phénomènes observés lors du passage de discontinuités sur les Alpes ont une grande netteté en hiver. Ils se compliquent apparemment dans les autres saisons et particulièrement en été. Les perturbations atmosphériques semblent alors venir des directions les plus diverses. Cette complication apparente s'explique par le fait que les fronts froids n'ont pas en hiver l'énergie électrique nécessaire pour produire d'eux-mêmes une augmentation sensible des perturbations atmosphériques, qu'ils n'y parviennent que si leur action est

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 556.

renforcée par une cause orographique vigoureuse; il n'en est pas de même dans les autres saisons où l'activité électromagnétique des fronts peut se faire sentir un peu partout; mais en toute saison elle est due aux fronts froids.

Les résultats expérimentaux qui montrent que, sous nos latitudes, l'air polaire frais favorise la naissance des perturbations atmosphériques, tandis que l'air équatorial provoque leur disparition, font apparaître une similitude complète entre les propriétés météorologiques et les propriétés radioélectriques de l'air polaire frais et de l'air équatorial : stabilité de l'air équatorial, instabilité de l'air polaire frais particulièrement au voisinage des fronts froids. Ce dernier est donc à tous les points de vue le siège d'une énergie potentielle considérable, énergie qui se dégrade par tous les moyens possibles et que nous observons successivement sous forme d'énergie cinétique (Cu-Nb-grains), d'énergie électrique (perturbations atmosphériques, orages) et sous forme d'énergie calorifique. L'énergie potentielle d'un front froid varie dans le même sens que le contraste de température entre l'air polaire et l'air équatorial. Cette énergie diminue au fur et à mesure que l'air polaire se réchauffe, ce qui correspond également à une dégradation de l'énergie calorifique (tendance à l'égalisation des températures).

L'énergie potentielle due au déséquilibre des températures se traduit dans les fronts froids par un déséquilibre de gravité. Le déséquilibre électromagnétique est proportionnel au déséquilibre de gravité, c'est-à-dire finalement à l'énergie potentielle du système. Cette énergie potentielle se trouve répartie en altitude sur toute la hauteur intéressée par la discontinuité. Celle-ci pourra donc être imperceptible à la surface du sol sans que pour cela le front froid ait cessé d'être le siège d'une active dégradation d'énergie. Ce cas se produira chaque fois que le réchauffement de l'air polaire et l'estompage de la discontinuité n'auront intéressé que les couches basses (cf. cas du 22 novembre 1923) (1). L'examen de la discontinuité en altitude est donc d'un grand intérêt, car c'est elle qui permettra de se rendre compte de l'énergie du système.

L'action d'étouffement des perturbations atmosphériques par l'arrivée d'un front chaud s'explique donc parfaitement. Le front chaud augmente la stabilité de l'air en commençant par les hautes couches. Superposant les couches les plus légères aux couches les plus lourdes, il rétablit, en même temps que l'équilibre de gravité, l'équilibre électromagnétique. Et il le fait d'autant

(1) *Comptes rendus*, *loc. cit.*

plus rapidement qu'il apparaît en altitude bien avant d'apparaître au sol; il s'attaque donc tout d'abord aux régions qui sont le principal siège du déséquilibre.

Les conditions orographiques peuvent agir en sens inverse des fronts chauds et renforcer l'énergie potentielle d'un front froid. C'est le cas chaque fois qu'une perturbation traverse la France du NO au SE et aboutit aux Alpes. L'air froid gravit peu à peu les pentes successives jusqu'à la principale ligne de faîte au delà de laquelle une brusque descente l'amène sans transition aux plaines chaudes. L'air froid soulevé par l'ascension se détend adiabatiquement et se refroidit davantage encore. A la traversée des vallées il coule en partie dans celles-ci. La pression augmente; il se réchauffe (phénomène du foehn). Le refroidissement des couches supérieures, le réchauffement des couches inférieures augmentent l'instabilité et l'énergie potentielle pour aboutir à une augmentation très brutale quand le front froid franchit la ligne de faîte pour rencontrer un air fortement échauffé par le contact des plaines.

Il y a une similitude frappante entre ce processus (observé surtout en hiver en France) et le processus observé dans la saison chaude par régime du sud-ouest.

Quand les perturbations parviennent au golfe de Gascogne et au sud-ouest de la France après avoir traversé les plateaux espagnols, les fronts froids se sont renforcés par détente adiabatique et ont rencontré des masses d'air fortement échauffé au contact du golfe de Gascogne et de la Terre.

En résumé, l'air polaire est à la fois le siège d'instabilités météorologiques et de perturbations électromagnétiques. L'air équatorial est caractérisé à la fois par une stabilité météorologique et un calme électromagnétique. Les « atmosphériques » qui troublent les réceptions radiotélégraphiques ne sont donc qu'une des manifestations des propriétés énergétiques de l'atmosphère.

Ils sont particulièrement sensibles au passage des fronts et sont considérablement renforcés par certaines causes orographiques.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Variation de l'iode chez les* L. flexicaulis *à l'époque de la repousse annuelle; rôle de la zone stipo-frondale.* Note de M. **P. Freundler**, présentée par M. A. Béhal.

Nous avons établi (¹) que la teneur en iode des lames fraîches de *L. flexicaulis* d'une même région est sensiblement la même pour une époque

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 515 et 1315.

déterminée, cette constance résultant d'un équilibre osmotique entre la mer et l'algue. Nous avons montré, de plus, que si l'on conserve les lames dans des conditions excluant tout apport extérieur, le taux initial peut subir des variations qui sont limitées par une valeur également constante. Il restait à déterminer les facteurs qui interviennent dans ce phénomène; c'est cette étude qui fait l'objet de la présente Note.

Mode opératoire. — Nos expériences ont porté cette fois sur la fronde et le stipe, séparés tantôt au-dessus, tantôt au-dessous de la zone stipo-frondale (¹). Les échantillons, maintenus à l'abri de la lumière directe, ont été enfermés de suite dans des flacons à bouchon rodé, puis additionnés de quantités mesurées d'eau de mer pure, d'eau de mer et de KCl (6 pour 100), d'eau de mer et de NaF (1 pour 100), d'eau douce et de bisulfite de chaux, ou encore conservés seuls sans aucune adjonction. Le contenu des flacons était ensuite analysé le plus rapidement possible par les méthodes déjà décrites.

Nous avons étudié ainsi les *L. flexicaulis* récoltés aux grandes marées de février, mars et avril, sur le plateau des Iles Saint-Quay. Le choix de cette région a été déterminé par le fait qu'en raison des conditions hydrographiques et climatériques (²), les diverses phases de la vie des algues sont plus distinctes que sur les côtes du Finistère où l'afflux d'eau océanique amortit plus ou moins l'effet des changements de saison. Ainsi, pendant la période de repousse, aucun *L. flexicaulis* ne porte de stores fertiles; en février (marée du 22), la lame est formée de tissus anciens très pigmentés; en mars (marée du 21), ces tissus sont remplacés par la nouvelle lame peu ou pas pigmentée, ce qui implique une croissance journalière moyenne de 2^{cm}; en avril, il n'y a pour ainsi dire pas de tissus nouveaux, la lame de mars s'étant simplement développée de $^1/_5$ environ. A cette époque, la laminarine fait enore défaut.

Résultats. — Plus de 100 analyses ont été faites, généralement en double; elles seront publiées dans un Mémoire d'ensemble. Nous nous bornerons ici à exposer brièvement les résultats les plus frappants.

A. *Lames.* — I. *Le taux initial d'équilibre* est plus faible qu'en automne [0,44 en février, 0,59 en mars, 0,56 en avril (³)]; il s'est maintenu jusqu'à présent sans limite de durée chez les échantillons conservés dans la saumure d'eau de mer et de KCl.

II. La *variation* a toujours lieu dans le sens de l'accroissement; elle aboutit, après un temps suffisant, à une valeur très sensiblement constante pour une même époque (0,76 en février, 0,71-0,74 en mars, 0,63-0,66 en avril). Les dosages ne fournissent donc (à une exception près) que deux taux dont l'écart devient plus faible à mesure que le travail de repousse se ralentit.

III. *La vitesse de la variation* dépend surtout du *milieu* dans lequel on conserve

---

(¹) La zone stipo-frondale est la région qui avoisine le point de jonction du stipe et de la lame; elle est caractérisée par la présence des cellules génératrices, de sorte que, si l'on coupe l'algue au-dessous de ce point, le stipe meurt, tandis que si la section est pratiquée au-dessus, l'algue peut survivre et former une nouvelle lame (Sauvageau).

(²) Mémoires publiés par l'Office des Pêches, n° 26, 1923, p. 13.

(³) Les chiffres sont rapportés comme précédemment à 100 parties d'algue sèche.

l'algue, et pour un même milieu, de l'âge relatif ou de la pigmentation des tissus, et de la présence ou de l'absence de la zone stipo-frondale. Les chiffres suivants, relatifs à la récolte de mars (tissus jeunes), donneront une idée de la régularité des variations [1] :

	Aucune adjonction.	Eau de mer seule.	Eau de mer + KCl.	Eau de mer + NaF.	Bisulfite.
Lame sans zone s. f.	0,58	0,58	0,59	0,74	0,73
Lame avec zone s. f.	0,72	0.81	0,59	0,74	0,71

IV. Le *chauffage* brusque et prolongé (100°) des algues elles-mêmes stabilise le taux initial; un chauffage court et modéré permet en général un accroissement plus ou moins accentué. L'influence de la lumière directe n'a pas encore été étudiée systématiquement.

V. La présence *du pigment brun* est favorable à la stabilisation; sa destruction ou sa modification (virage au vert) est presque toujours corrélative de la montée.

B. *Stipes.* — Il s'agit dans ce cas de teneurs moyennes, le tiers inférieur du stipe s'étant révélé beaucoup plus riche en iode. Aussi les variations sont-elles moins régulières.

Le *taux initial* est très faible (0,1); le taux maximum observé après 7 semaines, dans des conditions identiques (bisulfite), dépasse 0,7, mais la plupart des chiffres sont intermédiaires. D'une façon générale, les stipes se sont comportés comme les tissus anciens (lames de février). L'influence du mode de sectionnement est tout à fait caractéristique : quel que soit le milieu de conservation, la zone stipo-frondale tend à ralentir la montée (eau de mer seule ou NaF) ou même à l'empêcher pendant un temps plus ou moins long (bisulfite, saumure de KCl); elle constitue donc, pendant la repousse (mars), une *région d'inversion* du phénomène.

Conclusions. — Il est évident que les variations du taux d'iode sont influencées par les principaux facteurs qui interviennent dans les réactions diastasiques.

Nous attendrons, pour développer notre conception du mécanisme de ces phénomènes, de pouvoir apporter des preuves synthétiques et non pas seulement analytiques, et nous nous bornerons, pour l'instant, à dire que cette conception est basée essentiellement sur les rapports numériques des taux minimum et maximum, sur les propriétés bien connues de la cellule vivante (concentration spécifique, pouvoir dissociant des pigments solaires, etc.), et sur le maintien de l'équilibre entre l'algue et la mer, entre l'algue et l'air, par des échanges de matière et d'énergie dont l'intensité est accrue par les travaux de repousse et de sporulation.

Quant aux variations analytiques de l'iode, confirmées d'ailleurs par les rendements d'extraction, elles sont l'une des manifestations de la rupture

---

(1) Le taux initial est 0,58 — 0,59; les chiffres du tableau se rapportent à des dosages faits environ huit jours après la récolte.

de cet équilibre, et nous pensons qu'elles relèvent d'une modification temporaire, progressive et réversible des propriétés de l'iode. Nous ignorons encore la nature de cette modification, mais nous pouvons l'accélérer ou la ralentir en modifiant le traitement des algues après la récolte.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Coagulation du sang.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

Les facteurs physico-chimiques, qui déterminent la coagulation des colloïdes par l'abaissement de la tension superficielle du milieu [1], se retrouvent dans la *coagulation du sang*, qui a fait l'objet de tant de recherches.

1° Quelques gouttes de *sang frais de grenouille* sont introduites dans des tubes à essai contenant des solutions à 7 pour 1000 de glucose, PO^4Na^3 et $(PO^4)^2Ca^3$. Elles gardent l'aspect d'un liquide rouge rutilant, sauf dans le cas du *phosphate tricalcique qui les coagule.* Et au dixième jour, le glucose n'empêche plus la coagulation, un petit dépôt se forme avec trabécules de fibrine. Dans la solution restée liquide de PO^4Na^3 ajoutons une trace de $(PO^4)^2Ca^3$; elle deviendra très visqueuse et filamenteuse.

2° Mêmes résultats en employant du *sang de lapin*, que l'on reçoit directement dans les tubes à cause de sa coagulation spontanée si rapide. Mélangeons à 10^{cm^3} de sang *un centigramme* des sels suivants :



$$PO^4Na^3 — (PO^4)^2Ca^3 — (PO^4)^2Mg^3 — NaCl — CaCl^2.$$

Deux autres tubes reçoivent du sang non salé, et l'un des deux a sa paroi intérieure vaselinée pour révéler l'*effet de paroi* sur la coagulation. Enfin deux tubes contiennent 2^{cg} et 3^{cg} de PO^4Na^3, soit des solutions à 1, 2 et 3 pour 1000. Pendant 12 jours on voit se former des caillots dans tous les tubes, excepté celui où *le phosphate trisodique est à* 3 pour 1000.

Le PO^4Na^3, au taux de 3 pour 1000, est donc *anticoagulant du sang.* Ce dernier conserve toutes les propriétés de la vie.

Dans le tube à $(PO^4)^2Mg^3$, le coagulum est petit et lâche; il est gros et de couleur brune dans le tube vaseliné, mais moins gros qu'à l'état normal. De sorte que tout ce qui a diminué la tension superficielle, sels ou effet de paroi, s'est montré anticoagulant, ou retardateur de la coagulation.

L'effet de paroi peut s'expliquer comme suit : L'eau du sérum, à

---

[1] Jules Amar, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 522, 803, 1317.

raison de sa grande tension superficielle, *adhère* à la paroi solide qu'elle mouille. Alors les globules quittent l'état de *suspension* où les maintenait la fibrine, et se déposent.

Cette précipitation va croissant à mesure que l'eau perd son équilibre dans l'émulsion sanguine, en subissant l'attraction de la paroi. Les globules, dans ces conditions, se déforment, s'étalent et éliminent une *diastase coagulante*.

3° L'action de *l'alcool*, *éther*, *eau* est variée. *L'alcool*, à 20 pour 100, coagule le sang de façon irréversible; il le rend visqueux, gélatineux, et finit par le changer en un caillot marron relativement sec.

L'éther en fait un caillot effrité, telle une poudre ocreuse mal agglomérée. On sait que ce liquide produit une *déshydratation intense*, bien plus que l'alcool. Comme ce dernier, il abaisse fortement la tension superficielle. En reprenant par l'éther le caillot alcoolique, on retrouve l'aspect pulvérulent.

Notons aussi que la *température* favorise la coagulation parce que, en s'élevant, elle diminue la tension du milieu. *L'eau*, par contre, retarde la formation du caillot; celui-ci reste mou et de faible masse, et le sang ne perd pas sa coloration incarnate. Une solution de PO^4Na^3, ajoutée à un gros caillot brun, le transforme dans l'état précédent. C'est une action « décoagulante ».

Il y a, dans le sang de lapin, 87,8 pour 100 *d'eau*, car $5^g,540$ ont été réduits à $0^g,675$ par dessiccation à froid, sous cloche à SO^4H^2, durant une quinzaine de jours.

4° *Carbonate et chlorure de sodium*. — Ces deux sels se comportent à la façon du PO^4Na^3. Au contraire, le sulfate a une légère tendance à coaguler le sang. Il faut donc lui préférer le carbonate ou le phosphate dans la technique physiologique.

5° *Électrolyse du sang*. — Si l'adhérence de l'eau à la paroi rompt un équilibre physique, son *transport par le courant électrique* doit produire la coagulation de manière plus visible.

On soumet du sang de lapin au courant de deux Leclanché, avec pôles en cuivre. Il se manifeste un dégagement de bulles, une accumulation d'eau à la cathode, et le sang y reste liquide. Mais à l'anode, il s'épaissit et donne un coagulum à peu près sec, *coloré en bleu* par la réaction secondaire du *sulfate de soude* ionisé, élément normal du sérum. Il en est de même quand on électrolyse l'ovalbumine ou le vitellus, sauf que le sel ionisé est du SO^4Ca.

Conclusion. Théorie de la coagulation du sang. — Tant que le sang circule dans les vaisseaux, il est fluide; c'est une émulsion en équilibre physico-chimique entre eau, fibrine et globules, ceux-ci demeurant en suspension malgré leur densité moyenne de 1,20, grâce à la fibrine enveloppante et visqueuse de densité plus faible (0,94).

La coagulation obéit d'abord à la rupture de cet équilibre physico-chimique par chute de la tension superficielle; *celle-ci peut être due à* l'action d'une paroi solide *que l'eau mouille*, au repos du sang *en vertu de quoi les composants de l'émulsion se séparent par ordre de densité, et les sels solubilisants surnagent en solution laissant les globules précipiter et se souder.*

Il est clair que l'addition des sels, alcools, poisons, capables de coaguler la matière albuminoïde, hâte la formation du caillot.

Mais la coagulation obéit, en outre, à un phénomène diastasique. *La chute de tension superficielle, a-t-on dit, libère la diastase coagulante, le* fibrin-ferment *des leucocytes. Il n'y a point d'erreur sur ce point, car la production de filaments débute autour des globules blancs.*

Quant à croire que les sels de soude ne sont anti-coagulants que parce qu'ils précipitent les sels de chaux, c'est là une vue inexacte. *Les sels sodiques, carbonate, chlorure, phosphate, sont proprement anti-coagulants.* D'ailleurs, *un excès de chlorure de calcium* intoxique le leucocyte, ratatine et coagule son protoplasma, empêchant la sortie du fibrin-ferment et la coagulation du sang, résultat inverse de celui qui lui est généralement attribué.

PHYSIOLOGIE. — *Part respective des deux poumons dans la ventilation pulmonaire chez le Chien.* Note de MM. **Pierre Mathieu** et **H. Hermann**, présentée par M. Charles Richet.

Certaines questions relatives à la physiologie de la respiration sont restées jusqu'ici sans solution, parce que, dans l'état actuel de la technique, toutes les expériences concernant la ventilation pulmonaire comme l'innervation respiratoire chez le Mammifère ont dû porter, en raison de la bifurcation basse des bronches, sur l'ensemble des deux poumons. Afin de répondre à ces questions, nous nous sommes proposé de dissocier expérimentalement les deux poumons au point de vue fonctionnel chez les animaux de laboratoire.

Nous avons réussi à réaliser un cloisonnement sagittal expérimental de la trachée chez ces animaux, sans perturbation du rythme, de l'amplitude ou

du type respiratoire; nous avons pu ainsi poursuivre une série de recherches dont nous commençons actuellement à publier les résultats.

Dans le cas particulier du Chien, cette technique nous a permis notamment de déterminer la part respective des deux poumons dans la ventilation pulmonaire totale.

Pour apprécier la part relative des deux poumons dans la ventilation pulmonaire nous avons mesuré l'air inspiré et l'air expiré dans des conditions expérimentales diverses; nous avons utilisé deux spiromètres à compensation automatique de Tissot, soigneusement équilibrés, et deux spiromètres de Verdin. La sensibilité relative de ces différents appareils, d'ailleurs fréquemment interchangés, a été constamment vérifiée.

Nous apportons aujourd'hui les résultats acquis chez le Chien narcosé (morphine-chloralose) maintenu en décubitus dorsal strictement symétrique. Voici nos résultats :

1° La circulation d'air (air mis en mouvement dans l'unité de temps) est *toujours* moindre pour le poumon gauche que pour le poumon droit. Encore que ce résultat ne soit pas inattendu, il était cependant demeuré jusqu'ici sans démonstration expérimentale.

2° Le rapport entre la valeur de la circulation d'air dans le poumon droit et la valeur de la circulation d'air dans le poumon gauche présente, pour 31 expériences et dans des conditions variées de ventilation, des oscillations entre les chiffres extrêmes de 2,1 et de 1,11, avec une moyenne générale de 1,55 : ce qui revient à dire que pour 100^{l} d'air déplacés par l'appareil pulmonaire, le poumon droit en déplace en moyenne 60^{l}, contre 39^{l} pour le poumon gauche. Nous nous réservons d'indiquer l'influence du type respiratoire spontané ou imposé, de l'attitude de l'animal et de la grandeur de la ventilation sur les variations observées.

3° Si l'on vient à considérer non plus la moyenne générale d'une série d'expériences, mais le rapport moyen exprimant pour chaque animal la part respective de ses deux poumons, on constate que ce rapport subit d'un sujet à l'autre, autour de la moyenne générale de 1,55, des oscillations relativement étendues, paraissant correspondre à l'existence de variations individuelles indépendantes des variations expérimentales; le rapport individuel moyen le plus bas observé par nous a été de 1,25 et le rapport individuel moyen le plus élevé de 1,75.

4° Enfin, la comparaison dans chaque cas de la valeur exprimant le rapport des volumes occupés *post mortem* par chacun des poumons collabés avec la valeur du rapport individuel moyen des circulations d'air à droite

et à gauche chez l'animal correspondant, montre entre eux une relation étroite, ainsi que l'expriment les chiffres suivants donnés à titre d'exemple :

	Chien V.	Chien VI.
Rapport des ventilations droite et gauche	1,25	1,67
Rapport des volumes des poumons droit et gauche.....	1,29	1,68

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Étude de l'acidité ionique urinaire chez l'homme normal. Acidité ionique urinaire à jeun.* Note de MM. **Le Noir** et **A. Mathieu de Fossey**, présentée par M. Widal.

Pour étudier l'acidité ionique urinaire, nous nous sommes servis de deux méthodes : la méthode colorimétrique de Clark et Loebs que nous avons contrôlée dans certains cas par la méthode électrométrique à l'aide du potentiomètre et de l'électrode de Sörensen.

La difficulté d'établir le cycle *normal* de l'acidité ionique urinaire dans les 24 heures réside surtout dans la sensibilité extrême de la soupape rénale, toujours en éveil et prête à manifester les moindres modifications de l'alcalinité sanguine.

Pour étudier les modifications urinaires, nous nous sommes donc d'abord adressés à des individus couchés, à jeun depuis la veille au soir, et dont on recueillait les urines soit par sondage, soit directement, toutes les heures depuis 8^h du matin.

Dans un premier groupe d'expériences, nous avons maintenu les sujets à jeun et couchés jusqu'à midi; nous avons eu les variations suivantes des P_H :

	8^h.	9^h.	10^h.	11^h.	12^h.
Sujet A.......	5,8	5,8	5,6	5,6	»
Sujet B.......	6,0	6,0	»	5,8	5,6
Sujet C.......	6,2	6,0	6,1	6,0	6,0

Donc, augmentation légère de l'acidité chez l'homme à jeun et au repos, depuis le réveil jusqu'à midi.

Dans un cas (sujet A), nous avons pu maintenir le sujet en expérience, à jeun et au repos, jusqu'au soir; la mesure de l'acidité ionique a montré que l'augmentation de l'acidité à partir de midi a été moins importante et presque négligeable jusqu'au soir :

	13^h.	14^h.	15^h.	16^h.	17^h.	18^h.	19^h.	20^h.
Sujet A.......	5,6	5,6	»	5,6	»	»	5,4	»

Le lendemain, les mêmes sujets, ayant suivi la veille un régime normal et se trouvant à jeun depuis la veille au soir, ont reçu dans la matinée, toutes les heures, pour éviter l'inanition, trois cuillerées à bouche d'une solution de 20g de glucose dans 250g d'eau. La valeur des P_H n'a pas varié jusqu'à midi :

	8h.	9h.	10h.	11h.	12h.
Sujet B.......	5,6	5,7	5,7	5,7	5,7
Sujet C.......	5,8	»	5,8	5,8	»

Enfin, dans une dernière série de ce premier groupe d'expériences, nous avons laissé les sujets à jeun, en leur permettant une marche prolongée (sujet A), une marche prolongée suivie de course (sujet B). L'acidité ionique urinaire a été plus élevée que chez les mêmes sujets maintenus au lit, sans cependant marquer une différence importante :

	8h.	9h.	10h.	11h.	12h.
Sujet A.......	5,8	5,6	5,4	5,4	5,3
Sujet B... ...	6,2	6,0	6,0	5,8	5,6

Les variations de l'acide ionique urinaire à jeun sont donc minimes, sauf dans le cas d'effort musculaire prolongé, où l'on constate une légère modification de l'acidité.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Action de l'insuline sur le métabolisme basal du chien totalement dépancréaté.* Note de MM. **E.** et **L. Hédon**, présentée par M. H. Vincent.

Dans une Note précédente (1), l'un de nous, traitant de la dépense de fond chez le chien diabétique après pancréatectomie totale, a rapporté une expérience où des injections d'insuline ne ramenèrent pas les valeurs de cette dépense dans leurs limites normales, malgré la disparition de la glycosurie.

Cette observation, très exacte assurément dans les conditions où elle fut faite (animal nourri exclusivement de viande avant la période de jeûne), introduirait cependant une notion fausse si l'on en tirait la conclusion générale que l'insuline est incapable, chez l'animal totalement dépancréaté, de rétablir les échanges à leur niveau normal. Car, par un traitement à l'insuline suffisamment prolongé, associé à une alimentation convenable,

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 146.

un chien diabétique par extirpation complète du pancréas, peut être remis dans un état de nutrition absolument normal, à tous points de vue, aussi longtemps que dure le traitement. C'est ce que prouve une expérience de longue durée que nous poursuivons depuis cinq mois.

Un chien de 7^{kg} (adulte, jeune) subit la pancréatectomie (avec transplantation sous-cutanée de la queue inférieure du pancréas) le 8 décembre 1923. Puis il fut rendu diabétique par l'extirpation du greffon le 4 janvier suivant. Non traité, il serait mort au bout d'une vingtaine de jours, épuisé par la cachexie diabétique avec une perte de poids de 50 pour 100, comme tous les chiens de même taille opérés de la même façon. Or, en supprimant sa glycosurie d'une façon presque complète par deux injections sous-cutanées d'insuline par jour (en moyenne 3 unités), et grâce à un régime alimentaire comportant, outre la viande, des hydrates de carbone et du lait auquel on ajoute des ferments pancréatiques pour améliorer la digestion, ce chien vit, depuis quatre mois qu'il n'a plus trace de pancréas, dans un très bel état de santé : vif, bien musclé, avec des réserves adipeuses normales. Il pèse actuellement $7^{kg},300$. Nous modifions d'ailleurs à volonté son équilibre nutritif en variant le régime alimentaire. Nourri exclusivement de viande, il perd du poids et des forces; avec un régime mixte, il devient vite très vigoureux et engraisse. La différence essentielle de l'état actuel avec l'état normal consiste en ce que avant la pancréatectomie ce chien était maintenu facilement en équilibre avec une ration exclusive de viande de 250^{g} par jour, et que ce n'est plus possible depuis que le greffon pancréatique a été extirpé.

La dépense de l'état de jeûne (métabolisme basal) a été évaluée à maintes reprises dans des expériences d'une durée de six heures, chacune commençant 18 heures après le dernier repas. Elle est exprimée par les valeurs données dans le tableau ci-contre (par kilogramme corporel et par heure).

La dépense de fond, chez l'animal antérieurement nourri de viande, s'exprimait donc par des valeurs normales, avant l'extirpation de la greffe. Dès que la pancréatectomie fut complétée et le diabète déclanché, cette dépense s'accrut immédiatement, selon la règle. En coupant alors la glycosurie par l'insuline, il n'y eut pas d'abord d'effet sur l'intensité des échanges. Jusqu'ici les résultats sont conformes à ceux de l'expérience précédemment rapportée. Mais il n'en fut plus de même lorsque l'animal reçut des hydrates de carbone. Bientôt les valeurs de la dépense de fond s'abaissèrent et rentrèrent dans leurs limites normales; on put même, après une longue période de régime mixte, quand l'animal eut accumulé des réserves, revenir au

régime carné exclusif pendant plusieurs jours, sans voir se hausser les échanges. Les valeurs de l'excrétion azotée variaient dans le même sens.

A un moment où l'animal avait récupéré son poids initial (le 15 avril), on supprima l'insuline. Le diabète devint immédiatement très intense; en quelques heures l'animal se dépouilla de ses réserves d'hydrates de carbone, et une épreuve de métabolisme basal montra une élévation des échanges et un abaissement du Q. R., exactement comme l'extirpation de la greffe.

Dates.	CO^2 en cm^3.	O^2 en cm^3.	Q. R.	Urée en milligr.	Calories.	Poids de l'animal en grammes.	État de l'animal. Alimentation antérieure.
2 janv..	383	518	0,74	39	2,40	6438	Avant l'extirpation de la greffe. Animal non diabétique. Régime carné.
3 » ..	392	516	0,76	80	2,39	6519	
4 » ..	420	565	0,74	92	2,62	6436	Après extirpation de la greffe. Diabète. Régime carné.
5 » ..	421	597	0,70	97	2,73	6224	
7 » ..	442	583	0,75	93	2,72	6035	Traité par insuline. Régime carné.
8 » ..	450	600	0,75	99	2,78	6033	
9 » ..	461	597	0,77	89	2,77	6072	Régime carné + 50g de pain la veille.
10 » ..	411	548	0,75	106	2,54	5993	Régime carné.
14 » ..	447	604	0,74	85	2,80	5768	
18 » ..	417	526	0,79	37	2,48	6026	Après 4 jours de régime mixte.
2 févr...	378	491	0,77	38	2,31	6514	Après 15 jours de régime mixte.
15 » ..	378	506	0,74	46	2,36	6796	Après régime mixte, mais régime carné la veille.
22 » ..	367	487	0,75	54	2,27	6407	Après régime mixte, puis 3 jours régime carné.
12 avril..	350	473	0,74	41	2,20	7083	Après longue période régime mixte. Rég. carné la veille.
15 » ..	396	570	0,71	107	2,65	6914	Après suppression de l'insuline pendant 48 heures.

Depuis quatre mois que ce chien est insuliné, il ne paraît avoir fait aucun progrès dans le sens d'une suppléance des fonctions pancréatiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Application du procédé biochimique de caractérisation du glucose à la recherche de la maltase dans le malt.* Note de M. **Marc Bridel**, présentée par M. L. Maquenne.

Dans un travail paru en 1923, M. L. Maquenne ([1]) a relaté les résultats de deux expériences faites sur un macéré de malt additionné ou non de maltose. La conclusion de ce travail est qu'il doit exister, dans le macéré de malt, une maltase : les chiffres de M. Maquenne sont tout à fait suggestifs à cet égard, et il ne manque que la preuve que le sucre réducteur formé est bien du glucose.

Il m'a semblé qu'on pourrait peut-être obtenir cette preuve en utilisant le procédé biochimique de caractérisation du glucose que j'ai indiqué, en 1920, avec Bourquelot ([2]), et dont j'ai rendu l'application possible aux extraits végétaux grâce au mode opératoire que j'ai donné, en 1921, en collaboration avec M. R. Arnold ([3]).

M. Maquenne a indiqué que le macéré de malt subit une transformation continue qui se traduit par une augmentation notable de son pouvoir réducteur. J'ai reconnu que le malt renferme du saccharose ($2^g,547$ pour 100^g de l'échantillon essayé) et de la sucrase. Une partie de l'augmentation du pouvoir réducteur provient de l'hydrolyse du saccharose par la sucrase, mais la plus grande partie est imputable à une autre action fermentaire qui est, vraisemblablement, l'action de la maltase sur le maltose.

En effet, en dosant le glucose par combinaison à l'alcool méthylique sous l'action de l'émulsine, j'ai décelé la présence de $18^g,270$ de glucose alors que la totalité du saccharose existant dans le malt employé (500^g) ne pouvait en fournir que $6^g,702$.

Le méthylglucoside β, formé au cours de ce dosage, a été obtenu à l'état cristallisé et caractérisé par son pouvoir rotatoire,

$$\alpha_D = -32^\circ,42 \ (p = 0,1542\,;\ v = 6\,;\ l = 2\,;\ \alpha = -1^\circ 40').$$

Le pouvoir rotatoire du méthylglucoside β est $\alpha_D = -32^\circ,5$.

([1]) *Sur l'hydrolyse du maltose par l'extrait de malt* (*Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 804).

([2]) *Recherche et caractérisation du glucose dans les végétaux par un procédé biochimique nouveau* (*Journ. Pharm. Chim.*, 7e série, t. **22**, 1920, p. 209).

([3]) *Sur l'application aux végétaux du procédé biochimique de recherche du glucose* (*Bull. Soc. Chim. biol.*, t. **3**, 1921, p. 297).

Pour reconnaître définitivement la présence de la maltase dans le macéré de malt, il était nécessaire de rechercher le glucose dans le macéré dès sa préparation, puis d'étudier comparativement les transformations qui se faisaient dans le même macéré seul et dans le macéré additionné de maltose. Il fallait donc, en somme, refaire l'expérience de M. Maquenne, mais, une fois cette expérience terminée, doser le glucose existant dans le macéré seul et le glucose existant dans le macéré additionné de maltose.

On a trouvé qu'en 15 jours, il se faisait, dans un litre de macéré au dixième, toluéné, 3g,502 de sucre réducteur et dans la même quantité de macéré additionné de 1 pour 100 de maltose, 4g,027 de sucre réducteur, ce qui concorde absolument avec les expériences de M. Maquenne. Si l'on suppose que cette augmentation de 0g,525 par litre est due à l'hydrolyse du maltose, il se serait formé, dans le macéré maltosé, 1g,152 de glucose provenant de l'hydrolyse de 1,095 de maltose anhydre.

Le glucose a été dosé en solution méthylique dont 125$^{cm^3}$ correspondaient à un litre de macéré. Dans l'alcool méthylique employé, l'émulsine combinait 69,05 pour 100 du glucose en solution. On a obtenu les résultats suivants :

Sucre réducteur pour 125$^{cm^3}$.	Macéré d'une heure.	Macéré de 16 jours sans maltose.	Macéré de 16 jours avec maltose.
	g	g	g
Au départ	4,261	6,631	9,900
A l'arrêt de la réaction	4,226	6,060	8,691
Glucose disparu	0,035	0,571	1,209
Glucose existant	0,050	0,826	1,750

Il existe déjà du glucose dans le macéré, dès sa préparation, mais en quantité très faible, 0g,050 pour un litre correspondant à 100g de malt.

Au cours du vieillissement, la quantité de glucose a passé dans le macéré seul à 0g,826 par litre et dans le macéré maltosé à 1g,750. Cette augmentation de 0g,924 par litre dans le macéré maltosé ne peut provenir que du maltose ajouté.

Il ne peut pas subsister le moindre doute à cet égard, le macéré de malt hydrolyse le maltose qu'on y ajoute et cette hydrolyse est due à l'action de la maltase.

L'application du procédé biochimique de caractérisation du glucose a donc permis d'apporter la consécration définitive à la présence de la maltase dans le malt, déjà prouvée, à mon avis, par les expériences rapportées, en 1923, par M. Maquenne.

CHIMIE BIOLOGIE. — *Concentrations optima et concentrations limites, en ions hydrogène, des cultures microbiennes. Variations produites par les microbes vers les concentrations optima.* Note de MM. **Cluzet**, **Rochaix** et **Kofman**, présentée par M. Desgrez.

Nous nous sommes d'abord proposé d'évaluer la teneur en ions H des cultures microbiennes et de rechercher, à ce point de vue, les meilleures et aussi les mauvaises conditions de développement des microbes; puis, en employant successivement les concentrations optima et les concentrations défavorables, nous avons étudié les variations de l'alcalinité ou de l'acidité produites par les microbes.

I. A cet effet, nous avons acidifié ou alcalinisé dans des proportions variables une solution d'eau peptonée, avec des solutions décinormales de HCl et de NaOH; on établissait ainsi toute une échelle de milieux de culture ayant un P_H compris entre 2,90 et 10,83 (la teneur en ions H était déterminée par la méthode électrique en utilisant l'appareil de Kling et Lassieur, avec électrode au calomel saturé). Ensemençant alors chacun de ces milieux avec un même microbe et les portant à l'étuve, nous pouvions constater pour quelles valeurs de P_H le développement de la culture était bon, mauvais ou nul.

Concentration optima. — Les cultures se développaient dans les meilleures conditions, lorsque le P_H était compris entre 5,20 et 8,42 pour le colibacille; 3,90 et 7,90 pour le paratyphique B; 4,80 et 8,63 pour le bacille d'Eberth; 4,70 et 8,47 pour le bacille de Flexner.

Concentrations limites. — En dehors des concentrations optima définies plus haut, on obtenait encore un développement de la culture, mais dans de mauvaises conditions, jusqu'à 4,67 et 9,53 pour le colibacille; 3,44 et 8,36 pour le paratyphique B; 3,72 et 8,88 pour le bacille d'Eberth; 3,80 et 8,84 pour le bacille de Flexner.

En dehors des concentrations limites ci-dessus, le développement des cultures était nul.

II. Afin de mesurer la variation d'alcalinité qui se produit au cours du développement normal des cultures, on ensemençait un milieu (eau peptonée) de concentration optima en ions hydrogène et l'on mesurait ensuite le P_H tous les deux jours, au moyen de prélèvements faits dans la culture, laissée elle-même à l'étuve. Nous avons constaté ainsi qu'avec les cultures ayant un P_H initial compris entre 6,04 et 6,23, l'alcalinité augmente rapi-

dement pendant les quatre premiers jours, plus lentement ensuite, pour atteindre au huitième jour une valeur constante; cette valeur définitive varie d'ailleurs avec le microbe considéré, elle a été de 7,94 pour le colibacille, de 7,85 pour le paratyphique B, de 8,51 pour le bacille d'Eberth, de 8,31 pour le bacille de Flexner.

III. En considérant des cultures dont le développement était défectueux par suite d'une concentration trop faible ou trop forte en ions $\overset{+}{H}$, nous avons déterminé la variation d'alcalinité ou d'acidité au moyen de prélèvements pratiqués tous les deux jours sur la culture laissée à l'étuve. C'est ainsi qu'en partant, par exemple, des concentrations limites, définies plus haut, nous avons obtenu les résultats suivants :

a. Milieu acide limite.

	Colibacille.	Paratyphique B.	B. d'Eberth.	B. de Flexner.
Avant l'ensemencement	4,67	3,44	3,72	3,80
2 jours après l'ensemencement....	4,76	3,65	3,87	3,98
4 » »	4,84	3,77	3,94	4,05
6 » »	4,86	3,85	4,05	4,17

b. Milieu alcalin limite.

	Colibacille.	Paratyphique B.	B. d'Eberth.	B. de Flexner.
Avant l'ensemencement	9,53	8,36	8,88	8,84
2 jours après l'ensemencement....	8,75	8,12	8,81	8,76
4 » »	8,58	8,01	8,73	8,68
6 » »	8,46	7,95	8,69	8,59

On peut conclure de toutes ces mesures que : 1° les milieux de culture présentent des concentrations optima en ions H, pour lesquelles le développement des microbes est le meilleur et des concentrations limites, l'une alcaline et l'autre acide, au delà desquelles la culture ne se développe pas; les valeurs de ces concentrations, soit optima, soit limites, varient suivant les microbes considérés; 2° les cultures dont le développement est normal s'alcalinisent de plus en plus, jusqu'à une concentration maximum en ions H qui varie suivant le microbe considéré, *mais en demeurant toujours dans les limites des concentrations optima;* 3° dans les cultures à développement ralenti, par suite d'une alcalinité ou d'une acidité trop grandes du milieu, la concentration en ions H se rapproche de plus en plus des concentrations optima, comme si le bacille cultivé manifestait, suivant les besoins, une fonction alcalinogène ou acidogène, capable de ramener le milieu vers les concentrations optima.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur un nouveau cas d'inversion sexuelle expérimentale chez la Poule domestique.* Note [1] de M. **Jacques Benoit**, transmise par M. Widal.

J'ai signalé dernièrement [2] que l'ablation de l'ovaire gauche déterminait parfois, chez la Poule, le développement de la gonade rudimentaire droite en une glande de nature testiculaire. Chez une Poulette Leghorn blanc, ovariotomisée à 26 jours, cette glande sexuelle développée à droite renfermait, à 6 mois, tous les éléments de la lignée séminale, y compris des spermatozoïdes. J'ai obtenu, chez un deuxième sujet (déjà cité dans ma première Note), une inversion sexuelle aussi complète, que je veux décrire ici.

Une Poulette Leghorn doré est castrée à l'âge de 4 jours [3]. Sa crête commence à se développer entre le 3e et le 4e mois. Elle devient rouge et se dresse verticalement comme une crête de jeune Coq. Elle mesure à 5 mois, 44^{mm}; celle d'une Poule témoin mesure alors 29^{mm} seulement. A 8 mois 21 jours, la Poule ovariotomisée est semblable à un Coq. Elle pèse 950^g. Sa crête mesure 96^{mm} de long. Son plumage est celui d'un Coq, exception faite de quelques plumes sus-alaires, rémiges et sus-caudales, qui possèdent une pigmentation femelle [4]. L'animal a le maintien d'un Coq, mais il ne manifeste pas l'instinct sexuel du mâle, et ne chante pas. Son état de santé, peu satisfaisant, me détermine à le tuer à l'âge de 9 mois 12 jours. L'autopsie révèle l'existence, à l'emplacement des glandes génitales, de deux organes de forme irrégulière. L'organe droit pèse 0,36^g, celui de

(1) Séance du 14 avril 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1074 et 1243.

(3) La reconnaissance du sexe, par les caractères externes, est impossible à cet âge, mais elle est très facile dès l'ouverture de l'animal : chez le Poussin mâle, le testicule est un organe cylindrique, qui mesure, à l'éclosion, 1×5^{mm} en moyenne. L'ovaire du Poussin femelle, au contraire, est aplati, irrégulier et mesure 3×5^{mm}. De plus, il est unique, et la gonade rudimentaire du côté droit est beaucoup plus petite qu'un testicule.

(4) L'animal n'a pas encore, à ce moment, renouvelé toutes ses plumes et revêtu le plumage de l'adulte. Aussi ne peut-on *a priori* s'étonner que certaines plumes soient différentes de celles d'un Coq adulte. Je rappellerai cependant que Goodale a observé le développement de quelques plumes femelles, même après plusieurs mues, chez des Poules ovariotomisées (Goodale, *Biol. Bull.*, t. 30, 1916, p. 286).

gauche 0,25g environ. L'oviducte, d'aspect infantile, mesure 82mm de long, et 3mm de large dans sa région moyenne.

A l'examen microscopique, l'organe droit apparaît de nature nettement testiculaire; il ne contient aucun élément ovarien. Il est formé de tubes séminifères de dimensions très variables, et certains d'entre eux contiennent des spermatozoïdes anormaux. Je ne ferai pas la description histologique détaillée de cet organe. Elle est, à peu de chose près, identique à celle que j'ai déjà faite de la glande testiculaire développée à droite chez une Poule Leghorn blanc ovariotomisée (1). Je dirai seulement qu'ici on observe avec la plus grande netteté, dans certains tubes, la formation de cellules interstitielles aux dépens des cellules de Sertoli. De plus, on constate la communication directe entre certains amas ou tubes séminifères et les canaux du « rete » qui se jettent eux-mêmes dans les « cônes efférents » de « l'épididyme ».

L'organe développé à gauche ne renferme, lui aussi, aucun élément de nature ovarienne. Il est constitué par des cordons semblables à des cordons sexuels mâles embryonnaires, qui ne contiendraient que des « petites cellules germinatives » [sa structure rappelle la description que Goodale (1916) et Pézard (1922), ont donnée d'organes semblables développés chez des Poules ovariotomisées]. On voit à certains endroits des petites cellules des tubes se transformer en cellules interstitielles. Cet organe contient, en outre, des tubes dont les éléments ont l'aspect de cellules de Sertoli. Quant à l'oviducte, il a la structure d'un oviducte infantile.

Ces résultats concordent entièrement avec ceux que j'ai déjà obtenus chez un premier sujet. Et les observations histologiques que j'ai faites sur la gonade rudimentaire droite de la Poule normale me permettent d'interpréter ce deuxième cas d'inversion expérimentale du sexe, comme je l'ai fait précédemment.

Les tubes séminifères de la glande droite et les tubes sexuels embryonnaires de la glande gauche, développés chez la Poulette castrée à quatre jours, proviennent très certainement des vestiges des cordons sexuels de première prolifération qui, chez la Poule normale, existent seuls dans la gonade rudimentaire droite et qui sont contenus, à gauche, dans la zone médullaire de l'ovaire. Ces vestiges ont pu se développer, grâce à la suppression du parenchyme ovarien, qui doit normalement exercer sur eux une action inhibitrice. De plus, les organes sexuels, de nature mâle, qui se sont

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1243.

ainsi développés, sont sans aucun doute responsables du développement de la crête selon le type mâle. J'ai montré, en effet, que l'ablation de la glande droite testiculaire, chez une Poule castrée et devenue semblable à un Coq, avait déterminé la régression immédiate de la crête.

En résumé, l'ablation de l'ovaire a déterminé, chez la Poulette Leghorn doré, le développement d'organes sexuels de nature mâle et l'apparition de l'hormone mâle correspondante. L'effet de cette hormone s'est traduit par l'apparition de caractères sexuels mâles (croissance considérable des organes érectiles, maintien de l'animal).

PROTISTOLOGIE. — *Sur un Infusoire marin astome:* Spirophrya subparasitica *n. g., n. sp. à deux hôtes : Copépode et Hydraire.* Note [1] de MM. **Édouard Chatton** et **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

On trouve sur l'*Idya furcata*, Copépode harpacticide des bacs de l'aquarium de Banyuls [2], un Infusoire qui s'y présente sous forme de petits kystes collés à la carapace. Dans les mêmes bacs existent des Hydraires gymnoblastiques (notamment le *Cladonema radiatum*), dont beaucoup portent, fixés sur la hampe même de l'hydrante, un amas de corps ellipsoïdaux qui, examinés avec attention, se révèlent comme étant des Ciliés en voie de multiplication sous une fine pellicule. On peut voir éclore et se disséminer les petits individus résultant de cette multiplication.

Nous avons pu établir que les kystes d'attente portés par les *Idya* et les kystes de multiplication fixés sur les *Cladonema* représentent deux phases de l'évolution d'un même Infusoire astome qui passe du Copépode sur l'Hydraire quand le premier est mangé par le second.

Cet Infusoire ne nous paraît pas avoir été décrit jusqu'ici. Nous le nommons *Spirophrya subparasitica* n. g., n. sp.

Les kystes d'attente portés par les *Idya* sont fixés par simple accolement à la chitine du Copépode, en des points bien définis : la face interne des replis pleuraux céphalothoraciques, et la ligne médiane ventrale entre les basipodites des appendices, mais jamais sur ceux-ci même. Ils sont sphériques ou ellipsoïdaux. Ils mesurent 10 sur 15 μ. La membrane en est mince, les stries ciliaires sont invisibles sur le vivant. Le cytoplasme présente en son centre un amas de globes réfringents irréguliers, souvent

(1) Séance du 4 mai 1925.

(2) Dont nous devons la détermination à M. Maurice Rose.

orangés. Il y a une vacuole pulsatile. Elle exceptée, rien à ce stade ne trahit la nature de ces organismes.

Celle-ci ne se révèle qu'au moment de l'éclosion, qui ne se produit que lorsque le Copépode est tué. Quand on tue une *Idya*, on voit, au bout de 20 à 30 minutes, un petit Cilié s'individualiser dans le kyste, y tournoyer quelques instants et s'en échapper. Mais ce Cilié, quoique très agile, ne s'éloigne pas du Copépode, rampe sur lui, et finit par s'insinuer à son intérieur. On le voit alors se gonfler presque à vue d'œil. En une demi-heure, il a triplé ou quadruplé son diamètre. La nutrition intense dont cet accroissement est le résultat est d'autant plus remarquable qu'elle est purement diffusive, l'Infusoire étant dépourvu de bouche et ne contenant jamais d'ingestas. Tous les Ciliés issus des kystes d'attente se comportent de la même façon. Et ceci aussi bien lorsque le Copépode est ingéré par un *Cladonema* que lorsqu'il est écrasé. Les Infusoires, insensibles aux sucs digestifs de l'Hydraire, pourtant très actifs, puisqu'ils digèrent le Copépode en 6 à 8 heures, éclosent une vingtaine de minutes après la mort de leur hôte et pénètrent dans son cadavre. Quand celui-ci est entièrement digéré, l'Hydraire en régurgite la dépouille contenant les Ciliés. Ceux-ci s'en échappent alors et, après s'être disséminés un instant, ils se rassemblent sur la hampe du polype même qui les a expulsés, s'y fixent et sécrètent une membrane kystique très mince. Au bout de 24 heures environ, la multiplication commence, qui aboutit à la formation de 8 ou 16 petits Ciliés; éclos, ils nagent très activement et se dispersent sans qu'il soit possible de suivre leur destinée. Nous n'avons pas réussi à les voir se fixer sur les *Idya*, mais leur taille étant celle des kystes portés par ces Copépodes, il est probable que tel est leur sort.

En somme, quoique cet Infusoire ait la faculté de résister aux sucs digestifs de l'Hydraire, condition indispensable de cette évolution, comme de tout parasitisme intestinal, il n'est, à vrai dire, parasite ni du Crustacé ni du Cœlentéré. Le passage par l'Hydraire n'est même pas une condition indispensable de son évolution. Nous avons constaté en effet qu'en l'absence de l'Hydraire, les *Spirophrya* peuvent, après croissance dans le Copépode, s'enkyster sur n'importe quel substratum et s'y multiplier. Et cependant cet Infusoire présente déjà l'astomie qui a été considérée longtemps comme l'apanage exclusif des formes strictement parasites. Cette conception est trop absolue, comme nous l'a montré déjà le cas des *Sphenophryidæ*, Holotriches commensaux externes des branchies des Lamellibranches, et comme nous le montre maintenant le cas du *Spirophrya*. Ces exemples nous imposent la notion que l'astomie est, non la conséquence du parasitisme, mais celle d'une nutrition en milieu riche en aliments fluides et facilement absorbables.

Ajoutons quelques précisions sur la morphologie de l'Infusoire. Il est ellipsoïdal; il mesure de 50 à 75 μ. Son pôle antérieur porte un rostre peu saillant et désaxé. Les stries ciliaires, au nombre d'une douzaine, ont une course hélicoïdale très accentuée.

Nous n'avons pas vu à ce stade de vacuole pulsatile. Le macronucleus est situé *dans l'endoplasme*, chez les formes enkystées, devenant filiforme et *sous-ectoplasmique* pendant et immédiatement après l'accroissement. Avant la première division il se condense en un ellipsoïde allongé. Le micronucleus est punctiforme, non accolé au macronucleus.

Par sa morphologie, cet Infusoire rappelle les Ciliés des mues de Pagures, *Polyspira Delagei* et *Gymnodinioides incystans*. Il en diffère par la forme de son macronucleus, par l'absence de chromatophore et le défaut de « syndesmogamie ». Nous ne serions pas étonnés que la présence constante des *Polyspira* et des *Gymnodinioides* dans les mues de Crustacés, s'explique par leur existence à l'état de kystes sur la carapace de ces crustacés, d'où ils écloraient dès la mue.

Spirophrya subparasitica nous paraît aussi très proche d'un astome fréquent à Banyuls et à Roscoff dans les cadavres de Copépodes pélagiques et qui, lui aussi, possède, d'après nos observations, une ciliature hélicoïdale. On peut se demander si, là encore, l'infection des cadavres n'aurait point pour origine des kystes phorétiques.

Il semble bien qu'il en soit ainsi dans le cas de la *Perezella pelagica* de Cépède. Si nous interprétons bien le texte de l'auteur, ce Cilié serait parasite dans la cavité générale des Copépodes pélagiques vivants. Ceux-ci portent fréquemment sur leurs appendices des kystes qui, pour Giard et Cépède, représenteraient les formes de résistance du Cilié. Il y a là des analogies éthologiques certaines avec *Spirophrya*. Mais, au point de vue morphologique, la *Perezella* diffère de notre Infusoire par sa ciliature nettement méridienne, ce qui est un caractère au moins générique, et par son macronucleus massif.

Rappelons enfin que, dans d'autres cas de parasitisme d'Infusoires chez des Arthropodes : celui de *Lambornella stegomiæ* Keilin et celui de *Collinia circulans* Balbiani, des kystes externes ont été observés sur les hôtes. Il est probable que, dans tous ces cas, comme dans celui de notre Infusoire, ces kystes externes sont la source de l'infection.

A 16 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 MAI 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. le Jonkher **van Eysinga**, président du Comité spécial d'étude de la réforme du Calendrier de la Société des Nations; **Delporte**, astronome à l'Observatoire d'Uccle; **D. Eginitis**, directeur de l'Observatoire d'Athènes; le R. P. **Giuseppe Gianfranceschi**, président de l'Académie pontificale des Nuovi Lincei; **Edwin H. Hall**, professeur émérite à l'Université Harvard; Rev. T. E. R. **Phillips**, secrétaire de la Royal Astronomical Society; **Zaremba**, professeur de l'Université de Cracovie, qui assistent à la séance.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains théorèmes généraux relatifs aux fonctions analytiques.* Note de M. **Émile Picard**.

Dans une Note récente [1], M. A. Bloch indique le principe d'une démonstration nouvelle du théorème suivant, que j'ai établi autrefois, sur les fonctions uniformes [2] :

Si entre deux fonctions analytiques uniformes autour d'un point, qui est pour elles un point singulier essentiel isolé, existe une relation algébrique, le genre de cette relation ne peut dépasser l'unité.

M. A. Bloch indique aussi les rapports existant entre ce théorème et les propositions du type de celles que j'ai jadis données sur les valeurs d'une

---

[1] A. Bloch, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1593.

[2] E. Picard, *Acta Mathematica*, t. 11, 1887, p. 1.

fonction uniforme autour d'un point singulier essentiel isolé ([1]). Je dois remarquer que cette dépendance, entendue comme le fait M. A. Bloch, a déjà été indiquée par M. Deirmendjian ([2]). Ayant repris cette année ces questions dans mon cours, je reproduis ici la démonstration, faite dans cet ordre d'idées, du théorème suivant sur les fonctions entières :

Si, pour une fonction entière $G(z)$, *il existe deux fonctions rationnelles distinctes* $P(z)$ *et* $Q(z)$, *telles que les deux équations*

$$G(z) = P(z), \qquad G(z) = Q(z)$$

n'aient qu'un nombre limité de racines, $G(z)$ *est un polynome.*

On aura nécessairement, en effet, dans le domaine du point ∞, c'est-à-dire à l'extérieur d'un cercle Γ de rayon suffisamment grand

$$G(z) - P(z) = z^p e^{S(z)}, \qquad G(z) - Q(z) = z^q e^{\Sigma(z)},$$

p et q étant des entiers positifs ou négatifs, et $S(z)$ et $\Sigma(z)$ étant des séries de Laurent de la forme

$$\sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} A_n z^n.$$

Des deux relations précédentes on déduit, en retranchant

$$\frac{z^q e^{\Sigma(z)}}{P(z) - Q(z)} - \frac{z^p e^{S(z)}}{P(z) - Q(z)} = 1.$$

On peut supposer que $P(z) - Q(z)$ n'a pas de racine en dehors de Γ. Si nous posons alors

$$z = u^4, \qquad x^4 = \frac{u^{4q} e^{\Sigma(u^4)}}{P(u^4) - Q(u^4)}, \qquad y^4 = \frac{u^{4p} e^{S(u^4)}}{P(u^4) - Q(u^4)},$$

x et y sont des fonctions uniformes de u dans le domaine $u = \infty$, et elles satisfont à la relation

$$x^4 - y^4 = 1,$$

et cette courbe est de genre *trois*. Donc, d'après le théorème énoncé au début, $u = \infty$ ne peut être un point singulier essentiel pour x et y. Par suite, dans $S(z)$ et $\Sigma(z)$, il n'y a pas de puissances positives de z. On en conclut que $z = \infty$ n'est pas un point singulier essentiel pour $G(z)$, *qui est, par suite, un polynome*, comme on voulait l'établir.

([1]) Je rappelle qu'une de mes démonstrations du théorème énoncé plus haut s'appuie sur ces dernières propositions.

([2]) Deirmendjian, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 897.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Enregistrement de l'onde explosive de la Courtine à l'Observatoire de Meudon.* Note de M. **H. Deslandres.**

L'Observatoire a organisé, sous la direction de M. Perot, astronome-physicien, des appareils spéciaux pour saisir au passage l'onde due à l'explosion de la Courtine du 15 mai, à savoir : un microphone enregistreur à papier enfumé du repérage des canons par le son et plusieurs dispositifs à flamme. Nous donnons ici un premier résumé très bref des résultats.

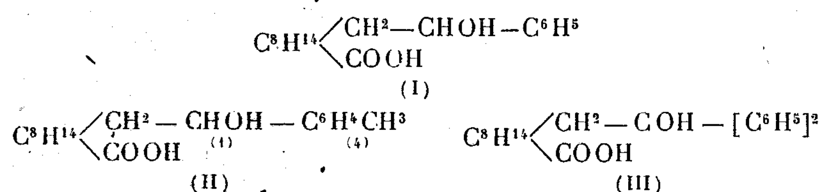
Le microphone a seul donné des résultats nets; la bande de papier enfumé a enregistré deux ondes distinctes, aux heures ci-après : $19^h 46^m 23^s,3$ et $19^h 46^m 24^s,1$; ces nombres étant dus à M. Baldet.

Nous aurons soin d'enregistrer avec le même appareil et d'autres dispositifs améliorés les ondes des explosions suivantes.

Les détails de l'observation seront présentés plus tard dans un autre Recueil.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau mode de préparation de l'acide phényloxyhomocampholique et sur sa constitution.* Note de MM. **A. Haller** et **L. Palfray.**

En 1900 l'un de nous a montré, en collaboration avec M. J. Minguin (¹), que lorsqu'on traite le benzylidènecamphre droit, à une température de 100°, avec de l'acide acétique saturé d'acide bromhydrique on le transforme en un acide auquel nous avons assigné la formule (I)



ce qui en fait un acide phényl-α-oxyhomocampholique.

La même réaction a été appliquée plus tard (²) aux *p*-tolylidène et diphénylméthylènecamphres, qui ont fourni respectivement les acides *p*-tolyl (II) et diphényl-α-oxyhomocampholiques (III).

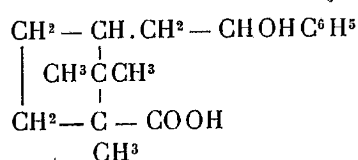
(¹) A. Haller et I. Minguin, *Comptes rendus*, t. 130, 1900, p. 1362.

(²) A. Haller, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 742.

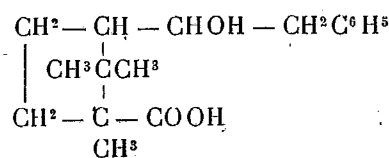
A l'occasion de cette dernière publication nous avons rectifié le point de fusion de l'acide phényl-α-oxyhomocampholique, qui est de 205°-207° au lieu de 217°, signalé primitivement.

Si, au lieu de chauffer le mélange acide avec le benzylidènecamphre, on l'abandonne dans un flacon bien bouché, on obtient un dérivé bromé bien cristallisé, auquel nous avions attribué la formule d'un benzylcamphre β bromé, et qui en réalité est de l'acide benzylhomocampholique bromé, comme l'ont indiqué MM. Rupe et Blechschmidt [1]. Ces savants l'ont toutefois préparé par une autre voie (action de l'acide bromhydrique sur l'acide benzylidènecampholique) sans réussir, disent-ils, à le reproduire par notre procédé. Ajoutons que nous avons répété l'expérience à plusieurs reprises, sans aucun insuccès, et que nous avons toujours obtenu le même dérivé bromé fondant à 146°.

Il a également été montré que ce dérivé bromé (F. 146°), soumis à l'action de l'ammoniaque ou d'une solution de carbonate de sodium, fournit de l'acide phényl-α-oxycampholique. Nous sommes donc autorisés à assigner à ces composés la constitution de dérivés α par rapport au phényle et non de dérivés β comme l'admettent MM. Rupe et Blechschmidt. En effet, si l'on examine la formule développée de l'acide telle que nous l'envisageons, nous constatons que la fonction alcool se trouve en position ε par rapport au groupement acide, tandis qu'avec la formule des savants suisses cette fonction est en position δ, par conséquent lactonisable.



Formule H. et M.



Formule R. et B.

Or, il ne nous a jamais été possible d'obtenir une lactone, malgré tous les essais tentés et bien que l'on connaisse des ε lactones. Il est vrai que ces dernières se forment laborieusement.

Notre manière de voir a d'ailleurs été étayée par des recherches publiées en 1907 [2] et qui ont sans doute échappé à MM. Rupe et Blechschmidt.

Nous avons, en effet, reproduit le même acide alcool, en partant du cyanocampholate de méthyle qui fut soumis à l'action du bromure de

---

(1) H. Rupe et A. Blechschmidt, *Ber. d. Chem. Ges.*, t. 51, 1918, p. 170.

(2) A. Haller et Ch. Weimann, *Comptes rendus*, t. 144, 1907, p. 297.

phénylmagnésium. La combinaison magnésienne fournit, par hydrolyse, du benzoylcampholate de méthyle, puis de l'acide benzoylcampholique, lequel soumis à l'action réductrice de l'amalgame de sodium aboutit à l'acide phényl-α-oxyhomocampholique

$$C^8H^{14}\begin{cases}CH^2-CN\\COOCH^3\end{cases} \rightarrow C^8H^{14}\begin{cases}CH^2-COC^6H^5\\COOCH^3\end{cases} \rightarrow C^8H^{14}\begin{cases}CH^2CHOHC^6H^5\\COOH\end{cases}$$

qui a été identifié avec celui provenant du benzylidènecamphre.

La présente Note a pour but d'apporter une nouvelle preuve à l'appui de la formule que nous préconisons.

Préparation de l'acide benzoylcampholique, et partant de l'acide phényl-α-oxyhomocampholique, au moyen du dibenzoylcamphre. — On sait que sous le nom de 1-*hydroxy*-2-*benzoylcamphène*, M. M.-O. Forster (¹) a décrit un composé cétoénolique II, isomère du benzoylcamphre III, en soumettant à une saponification partielle le dibenzoylcamphre I préparé par l'action du chlorure de benzoyle sur le camphre sodé.

$$\underset{(I).}{C^8H^{14}\begin{cases}C-COC^6H^5\\ \Vert\\ COCOC^6H^5\end{cases}} \rightarrow \underset{(II).}{C^8H^{14}\begin{cases}C-COC^6H^5\\ \Vert\\ COH\end{cases}} \qquad \underset{(III).}{C^8H^{14}\begin{cases}CH.COC^6H^5\\ \vert\\ CO\end{cases}}$$

La constitution de ce composé présente quelque analogie avec celle du camphre cyané sous sa forme énolique. Or, nous avons montré jadis (²) que lorsque l'on fait bouillir ce dernier corps avec un alcali caustique, on saponifie la fonction nitrile en même temps qu'on détermine la rupture d'un noyau, et l'on obtient de l'acide homocamphorique.

$$C^8H^{14}\begin{cases}C-CN\\ \Vert\\ COH\end{cases} \rightarrow C^8H^{14}\begin{cases}CH^2COOH\\COOH\end{cases}.$$

Une réaction semblable devait se produire avec la forme énolique du benzoylcamphre

$$C^8H^{14}\begin{cases}C-COC^6H^5\\ \Vert\\ COH\end{cases} \rightarrow C^8H^{14}\begin{cases}CH^2-COC^6H^5\\COOH\end{cases}.$$

Nos essais ont confirmé cette manière de voir.

Dibenzoylcamphre. — Il a été obtenu avec un rendement notablement supérieur à celui réalisé par M. Forster, en modifiant le mode opératoire de

(¹) Martin Onlow Forster, *J. Chem. Soc.*, t. 79, 1901, p. 987.

(²) A. Haller et Ch. Weimann, *loc. cit.*

ce savant. Au lieu de partir du camphre sodé au moyen du métal alcalin, nous avons opéré sur le dérivé sodé avec l'amidure. Toutefois, pour peu que tout l'amidure ne soit pas entré en réaction, on observe la formation de tribenzoylamide $[C^6H^5CO]^3N$ fondant à 203°-204°. Le dibenzoylcamphre fond à 143°.

1-Hydroxy-2-benzoylcamphène ou benzoylcamphre énolique. — Préparé en suivant exactement les indications de M. Forster, ce corps cristallise en octaèdres fondant à 89°.

Acide benzoylcampholique. — Déjà obtenu par hydrolyse chlorhydrique du benzoylcampholate de méthyle, il se prépare avec de meilleurs rendements en s'adressant au benzoylcamphre énolique.

Action de la potasse fondante. — Quantités équimoléculaires de benzoylcamphre et de potasse pulvérisée sont chauffées dans une capsule d'argent à 195°-200° pendant 5 heures. Au cours de la réaction on perçoit nettement l'odeur de camphre. La masse pâteuse reprise par l'eau, puis acidulée donne un précipité qu'on extrait à l'éther. Cette solution est épuisée par du carbonate de sodium et la liqueur alcaline de nouveau sursaturée par un acide. Le précipité, après purification et cristallisation a donné un produit fondant à 161° qui, mélangé avec un échantillon provenant du traitement du cyanocampholate de méthyle (F. 163°) avait le point de fusion de 162°. Quant à l'éther de lavage, il a donné par évaporation des cristaux roses fondant à 87° et constitués par du benzoylcamphre non atteint par la potasse fondante. Des eaux mères on a retiré un peu d'acide benzoïque; 9g de benzoylcamphre ont fourni 3g d'acide benzoylcampholique.

Action de la soude alcoolique. — L'emploi de molécules égales de soude caustique en solution alcoolique et de benzoylcamphre a nécessité un chauffage, en tube scellé, de 8 heures à une température de 200-220°. Le rendement a été de 3g d'acide benzoylcampholique par 5g de benzoylcamphre employé.

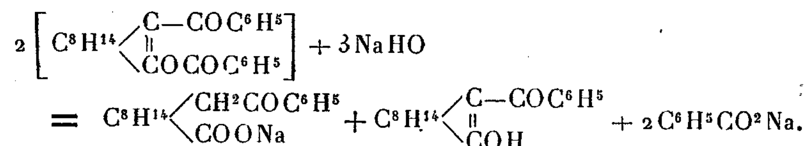
Action des acides minéraux. — Avec l'acide chlorhydrique additionné d'acide acétique pour favoriser la dissolution du cétoénol, il faut chauffer à 200-210° de 10 à 24 heures. On transforme dans ces conditions, environ 50 pour 100 de la matière en acide benzoylcampholique fondant à 163°, le surplus du benzoylcamphre restant inaltéré.

L'acide sulfurique à 50 pour 100 a donné sensiblement les mêmes résultats, mais le produit obtenu était noir et difficile à purifier.

D'autres essais, dans le but d'obtenir des éthers-sels de l'acide benzoylcampholique, ont la plupart échoué. C'est ainsi qu'en chauffant le céto-énol

avec du *p*-crésylate de sodium à 200-220°, on n'a constaté aucune réaction. Le benzoylcamphre a été récupéré en totalité et dans un grand état de pureté, puisqu'il fondait à 91°-91°,5 au lieu de 89°.

Action de deux molécules de soude sur le dibenzoylcamphre. — Afin d'éviter la préparation préalable du céto-énol nous avons fait réagir $1^g,3$ de sodium, dissous dans l'alcool à 95°, sur 10^g de dibenzoylcamphre, à une température de 200-220°, pendant 10 heures. Un traitement approprié de la masse produite nous a permis d'isoler $5^g,4$ d'acide benzoylcampholique fondant à 162°, 3^g de monobenzoylcamphre et de l'acide benzoïque, tous corps formés en vertu de la réaction :



Remarquons toutefois que l'acide benzoylcampholique provenant de pareille préparation est souillé d'un produit résineux dont il est difficile de le séparer.

L'acide benzoylcampholique, dérivé du dibenzoylcamphre, a été identifié avec celui que nous avons obtenu avec le cyanocampholate de méthyle. Il possède le même point de fusion (163°) et le même pouvoir rotatoire en solution dans l'alcool méthylique $[\alpha]_D = +69°,50$ au lieu de 69°,28.

Le benzoylcampholate de méthyle $C^8H^{14}\langle{}^{CH^2.COC^6H^5}_{CO^2CH^3}$, obtenu en faisant agir de l'iodure de méthyle sur le sel d'argent, présente le même aspect et fond à la même température de 71° que l'éther préparé en partant du cyanocampholate de méthyle.

La semicarbazone de cet éther se confond également avec celle déjà réalisée. Elle fond à 220° tandis que le produit de MM. Haller et Weimann avait le point de fusion 222. Le mélange des deux composés d'origine différente ne subit aucune dépression quand on le chauffe.

Réduction de l'acide benzoylcampholique. Acide phényl-α-oxyhomocampholique. — Cette hydrogénation a été opérée dans les mêmes conditions que celle de l'acide benzoylcampholique provenant du cyanocampholate de méthyle. Elle a été réalisée en faisant réagir de l'amalgame de sodium sur une solution aqueuse de l'acide cétonique, en ayant soin d'agiter le mélange pendant toute la durée de la réduction.

L'acide alcool isolé possédait la même composition, à peu près le même

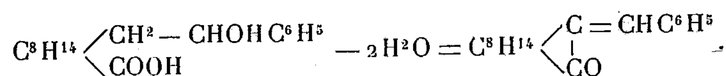
point de fusion 202-203° (non corr.) que l'acide provenant du benzylidènecamphre (205-207°). Dans tous les cas le mélange des deux produits se maintient entre ces deux limites quand on le chauffe sur le bain de mercure. Ils montrent aussi le même pouvoir rotatoire dans l'alcool.

Acide dérivé de l'acide benzoylcampholique $[\alpha]_D = +73°,73$.

Acide obtenu au moyen du benzalcamphre $[\alpha]_D = +73°,22$.

L'éther méthylique de notre acide, préparé en faisant agir de l'iodure de méthyle sur le sel d'argent, possède le même point de fusion 104-105° que celui décrit par MM. Haller et Minguin en partant du premier acide phényl-α-oxyhomocampholique.

Comme ce dernier, notre nouvel acide, soumis à l'action du chlorure de benzoyle, ou du chlorure d'acétyle, perd une molécule d'eau et donne naissance à du *benzylidencamphre* (¹) fondant à 96°, et en tous points identique à celui provenant de l'action directe de l'aldéhyde benzoïque sur le camphre sodé. Nous possédons dans cette réaction un moyen détourné, mais aussi particulièrement laborieux, pour préparer le benzalcamphre



$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CH^2-CHOH\,C^6H^5\\COOH\end{matrix}\right. - 2H^2O = C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}C=CH\,C^6H^5\\|\\CO\end{matrix}\right.$$

En résumé la constitution que, dès 1900, nous avons attribuée à l'acide provenant de l'action de l'acide bromhydrique sur le benzylidènecamphre est bien celle d'un acide alcool ε ne fournissant aucune lactone, mais donnant, quelle que soit son origine, du benzylidènecamphre, quand on le chauffe avec des chlorures acides.

La preuve en a été faite en préparant l'acide benzoylcampholique par deux processus tout à fait différents et en soumettant cet acide à l'action réductrice de l'amalgame de sodium.

Cette propriété des combinaisons du type benzalcamphre de subir la rupture d'un des noyaux sous l'influence des acides halogénés, pour donner naissance à des acides-alcools ε, semble générale, puisque nous l'avons également observée avec le *p*-tolylidène et le diphénylméthylènecamphre (²).

(¹) A. Haller et I. Minguin, *loc. cit.*, p. 1363.

(²) A. Haller, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 743.

GÉOLOGIE. — *Le terrain tertiaire de la Limagne Bourbonnaise.* Note de M. L. DE LAUNAY.

Un travail depuis longtemps commencé sur le terrain tertiaire de la Limagne Bourbonnaise, travail appuyé sur les déterminations paléontologiques de M. Gustave Dollfus (¹), m'a conduit à quelques conclusions d'un intérêt général concernant : 1° le mode de formation des dépôts lacustres et continentaux; 2° les altérations ultérieurement subies par les terrains pendant une longue phase d'altération continentale et 3° l'allure des failles, dislocations et mouvements orogéniques.

1° *Mode de formation.* — Si l'on résume dans son ensemble l'histoire de la Limagne, on peut dire que le Bassin a probablement commencé par s'ouvrir vers le Sud, en étant à la fois très large au Sud, assez peu étendu vers le Nord. Puis la compression, de plus accentuée, de ses parois latérales, a amené l'extension progressive des eaux vers le Nord, malgré l'approfondissement concomitant du Bassin au Midi, ou tout au moins au Centre. Il en est résulté : d'une part, que, lorsqu'on parcourt le Bassin du Sud au Nord, on trouve des couches de moins en moins épaisses; d'autre part, que l'on assiste à la disparition progressive de tous les termes les plus anciens : les niveaux les plus élevés s'étendant au contraire, transgressivement, de plus en plus et finissant par demeurer seuls, en même temps qu'on leur voit prendre à la base un faciès arkosique qui correspond toujours au premier remplissage d'un bassin nouveau. C'est-à-dire que la coupe, à la fois, perd de son développement et se simplifie quand on se déplace vers le Nord.

Cela a duré jusqu'après l'époque aquitanienne. Plus tard, au moment des grands phénomènes volcaniques de la région, il s'est produit, dans la Limagne, un mouvement de bascule du sol en sens inverse, qui a plus que contre-balancé le premier et donné à la coupe Nord-Sud des terrains, l'allure qu'elle affecte aujourd'hui : c'est-à-dire qu'indépendamment d'accidents locaux, comme la surélévation du voussoir de Saint-Yvoine, la pente va du Sud au Nord. C'est sur ce sol nouveau que les sables à cailloux du Bourbonnais, dits pliocènes, se sont alors déposés en discordance absolue sur l'Oligocène.

Il existe trois cuvettes principales, séparées par deux seuils primaires à

(¹) Un Mémoire développé de 226 pages a paru dans le *Bulletin des Services de la Carte géologique de la France*, n° 147 (Béranger).

Saint-Yvoine et à Vichy : l'une du côté d'Issoire, la seconde ayant son centre vers Riom, la troisième entre Billy et Saint-Pourçain. L'existence de ces cuvettes a été certainement amorcée antérieurement à l'Oligocène et l'on peut admettre qu'elles se sont approfondies progressivement pendant toute la durée de cette période ; car les 1200^{m} d'épaisseur des niveaux sannoisiens et stampiens à Riom se réduisent presque jusqu'à s'atrophier aux deux extrémités Nord et Sud du Bassin. Néanmoins elles ont été certainement aussi accentuées postérieurement par les fractures miocènes.

Les terrains tertiaires de la Limagne Bourbonnaise sont presque exclusivement d'origine lacustre ou fluviatile, à la seule exception des niveaux à potamides que j'ai découverts dans le Bassin d'Ebreuil et à Couleuvre, de quelques bancs gypseux ou des boues salifères avec pétrole rencontrées au fond des sondages de Macholles et de Crouelles. On est amené à supposer une succession assez compliquée de mouvements qui est la suivante :

Après les plissements primaires, la Limagne a dû, comme le reste du Plateau Central, demeurer émargée jusqu'au milieu du Sannoisien. Nous pouvons admettre que cette longue période d'érosion l'avait transformée en pénéplaine. D'après ce qu'on observe ultérieurement, il est probable que la pente générale devait être alors dirigée vers le Sud, dans le sens de la Méditerranée.

C'est à partir de la fin du Sannoisien que se produit un mouvement orogénique dont l'expression pratique est un relèvement de plus en plus accentué de l'Auvergne par rapport à la bordure Nord du Plateau Central, suivant une ligne Moulins-Montluçon qui a dû former charnière au rivage depuis le Permien.

Au moment des dépôts à potamides, des eaux saumâtres se montrent à Ébreuil et à Couleuvre, mais n'impliquent pas nécessairement une pénétration de la mer. En tout cas, le bassin est à peu près comblé avant le dépôt des calcaires à *Helix Ramondi* qui ont dû, cependant, trouver encore de grandes lagunes à fond ondulé dont les dépressions étaient destinées à s'accentuer par les mouvements postérieurs. Quand ces formations calcaires ont été terminées, on peut admettre que le relief était aplani, sauf l'accentuation des hauteurs au Sud, dont le progrès a dû se poursuivre constamment. C'est alors que se sont produites ou accentuées des dénivellations verticales, en raison desquelles, les deux flancs de la vallée restant à peu près immobiles, la vallée elle-même s'est affaissée d'un millier de mètres, en sorte qu'il en est résulté une surface topographique nouvelle, sur laquelle se sont déposés les sables à cailloux et, après les ravinements pléistocènes, le lit

actuel de l'Allier. Nous nous expliquons, dès lors, comment de tels mouvements orogéniques ont dû nécessairement être accompagnés par de violentes érosions dont les résultats se traduisent par le développement des sables granitiques ou arkoses à divers niveaux. Ces arkoses ne représentent pas un niveau déterminé, mais un facies, qui peut exister à tous les étages et qui passe généralement, plus loin du bord, à des limons de plus en plus fins. Néanmoins, on constate, ici comme partout, une abondance particulière de ces arkoses aux moments où les eaux pénètrent sur un territoire nouveau dans une première phase de remplissage des bassins.

Le développement des calcaires constitue une étape de la sédimentation qui paraît, en partie, liée à la présence d'organismes fixateurs de chaux, mais aussi, en partie, à la saturation en chaux d'eaux peu profondes, peut-être aussi localement thermalisées, qui deviennent de véritables eaux incrustantes. Les coupes de détail montrent comment on commence souvent par avoir un lit de pisolithes calcaires; puis des concrétions calcaires noduleuses éparses dans les marnes; enfin, plus tard, des champignons concrétionnés partant presque toujours d'un niveau déterminé pour s'élever plus ou moins haut. Souvent, mais pas toujours, les tubes de phryganes ont servi de centres à cette incrustation. Des os carbonisés que j'ai recueillis à Givreuil indiquent peut-être l'existence de mofettes volcaniques. J'ai reconnu la présence du gypse à divers niveaux. Ce gypse peut s'accompagner d'eaux salées ou de traces pétrolifères et prouve des concentrations saumâtres analogues à celles qu'accuse, sur toute la longueur du bassin, l'existence momentanée d'une faune à cérithes et à potamides.

2° *Altérations postérieures.* — La décalcification a exercé, sur toutes les formations calcaires de la bordure, une action intense. Lorsque ces calcaires, comme c'est le cas fréquent, sont chargés de grains de quartz anguleux, il en résulte une argile rouge arkosique, dont les proportions dépassent de beaucoup celles des poches remplies d'argile à silex, que l'on est habitué à rencontrer sur les plateaux de craie. C'est une véritable latéritisation qui s'est produite là. Sans qu'on s'explique bien pourquoi, cette forme de décalcification disparaît quand on s'éloigne vers le Nord. Par contre, les phénomènes de silification n'ont pas pris ici l'importance qu'ils ont plus au Sud vers Billom, dans les environs de Montluçon, ou dans le bassin Parisien.

3° *Orogénie.* — La Limagne est bordée par un système de failles en échelon qui est très compliqué dans le Sud, sur la partie la plus large du Bassin et qui se simplifie vers le Nord. Son origine paraît se rattacher au

contre-coup des plissements alpestres qui a amené, dans le Massif central, une surrection, accompagnée de cassures et de manifestations volcaniques. La continuation de ces accidents vers le Nord présente quelque intérêt pratique en raison du terrain houiller qui doit se prolonger au-dessous du tertiaire et que des sondages, fondés sur cette hypothèse, ont déjà permis de reconnaître dans la région de Souvigny. Beaucoup de ces failles ont été, dans la région Sud, incrustées par du quartz, de la barytine et de la fluorine. Souvent aussi, elles se sont réouvertes pour donner passage à des sources thermominérales qui sont une des richesses du pays. A ce propos, on observe souvent comment, dans ces sources incrustantes, le niveau d'émergence s'est abaissé avec le temps tout en restant dans le même plan de fracture.

4° *Faune de vertébrés.* — Parmi les nombreux échantillons de vertébrés que j'ai recueillis, je me borne à signaler un beau type d'*Amphicyon Crassidens* que notre confrère M. Depéret a bien voulu étudier et décrire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'étouffage des cocons de vers à soie par la chloropicrine.* Note de M. **Gabriel Bertrand.**

Dès que les vers à soie se sont transformés en chrysalides, les éducateurs doivent se hâter de procéder à la récolte et à la vente des cocons; sinon les papillons, venant à éclore, perceraient les coques et la soie ne pourrait plus être filée. D'autre part les filateurs ne peuvent tirer parti, dans le court espace de temps qui précède le papillonnage, de la masse considérable de cocons qu'ils ont centralisés dans leurs manufactures. Ils recourent alors à ce que l'on appelle ordinairement « l'étouffage ».

Cette opération a pour objet de tuer les chrysalides sans nuire, autant qu'il est possible, aux précieuses qualités de la soie.

Dans les pays d'Europe, les seuls moyens d'étouffage qui aient résisté à la pratique sont basés sur l'action de la chaleur, sèche ou humide. Encore ces procédés présentent-ils quelques défauts et ne répondent-ils pas à tous les besoins.

Comme la plupart des matières protéiques, la soie est facilement altérable; il faut donc chauffer les cocons avec ménagement. On est alors placé entre deux risques : si l'on ne chauffe pas assez, toutes les chrysalides ne sont pas tuées et l'on perd, non seulement les cocons qui percent, mais encore ceux qui sont souillés dans le voisinage par les rejets des papillons;

si l'on chauffe trop, la coque est altérée, la soie est moins belle et les rendements sont diminués. Dans tous les cas, la matière protéique spéciale ou grès qui sert de colle au fil de soie, ayant subi une coagulation, le dévidage des cocons chauffés est moins facile que celui des cocons frais.

Mais ce n'est pas tout. Les éducateurs, ne voulant pas courir les risques de l'étouffage par la chaleur, plus difficile à régler en petit que dans les exploitations industrielles, sont dans l'obligation de vendre leurs cocons aussitôt que possible après la récolte, alors que les prix du marché ne sont pas encore établis, et, trop souvent, ils deviennent la proie d'intermédiaires avides. Les filateurs et les graineurs, qui étouffent en grand, trouvent de leur côté que le combustible commence à coûter cher.

On a essayé le froid artificiel : mais cet agent physique a exigé des installations considérables et s'est montré encore plus coûteux que la chaleur. On a tenté l'emploi de gaz inertes, comme l'azote, l'hydrogène et l'anhydride carbonique, celui de gaz toxiques, comme l'ammoniac, l'anhydride sulfureux et l'acide cyanhydrique; les premiers ont été insuffisants pour assurer l'étouffage dans un délai pratique, les seconds ont altéré plus ou moins profondément la soie.

Ayant reconnu dans la chloropicrine un agent insecticide très puissant (¹) et dépourvu, en outre, d'action coagulante vis-à-vis des matières protéiques, j'ai pensé que l'on pourrait peut-être trouver dans cette substance le moyen de tuer les chrysalides avec certitude sans craindre d'altérer trop la matière soyeuse. C'est ce qui m'a engagé dans l'étude dont je résume ici les résultats (²).

J'ai d'abord cherché si les cocons étaient suffisamment perméables aux vapeurs de la chloropicrine. Cette recherche préliminaire était d'autant plus indiquée que certains observateurs avaient attribué l'inefficacité des gaz rapportée plus haut à la protection de l'insecte par la coque (³). L'expérience suivante m'a démontré que la résistance offerte par la coque est, au contraire, très réduite.

Un cocon a été ouvert en découpant une calotte à une extrémité, retenue par une partie de son bord, formant charnière. La chrysalide a été retirée et remplacée par cinq larves de livrée des arbres (*Bombix neustria* Linné),

(¹) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 142.

(²) Un Mémoire détaillé sur la question sera publié prochainement dans un autre Recueil.

(³) En particulier MOYRET, dans son *Traité de la teinture des soies*, p. 60.

espèce sur laquelle j'avais étudié en détail les effets de la chloropicrine. Le cocon a été refermé ensuite en abaissant la calotte et en soudant les bords de la fente avec un filet de paraffine fondue. D'autre part, cinq larves de livrée du même élevage ont été placées dans un petit nouet de gaze de dix mailles au centimètre.

Le cocon et le nouet, suspendus à l'aide d'un fil, ont été descendus au centre d'un grand flacon où l'on avait volatilisé $0^{g},01$ de chloropicrine par litre. La température étant de $+22°$, on a laissé agir pendant dix minutes, puis on a retiré les larves que l'on a mises ensuite en observation. Dans cette expérience, où la dose de chloropicrine et la durée d'action avaient été choisies de manière à correspondre au voisinage du seuil d'intoxication, pour permettre de mieux apprécier les différences possibles, les larves enfermées dans le cocon ont été, à très peu près, intoxiquées comme celles contenues dans le nouet, c'est-à-dire, d'après des expériences antérieures, comme celles qui auraient été entièrement libres.

Il était donc rationnel d'essayer la chloropicrine pour l'étouffage des cocons.

Les recherches, poursuivies depuis 1919, tant au laboratoire que dans les régions séricicoles, m'ont permis de déterminer l'action de la chloropicrine sur les cocons dans des conditions de plus en plus rapprochées d'une utilisation pratique. J'ai expérimenté sur plusieurs races de vers à soie, fait varier la dose et la durée de contact de la substance volatile, et recherché l'influence du degré de développement des chrysalides sur la résistance à l'étouffage. D'autre part, je me suis préoccupé de savoir ce que devenait la coque, non seulement sous l'action immédiate de la chloropicrine, mais après un temps de conservation qui, dans certains cas, a atteint 18 mois, alors que dans l'industrie les cocons sont généralement filés dans les 8 à 10 mois qui suivent leur récolte. Afin de pouvoir apprécier plus exactement la valeur du nouveau procédé d'étouffage, les résultats ont été comparés avec ceux que fournit la chaleur, appliquée dans les différentes circonstances où l'on se place d'ordinaire lorsqu'on emploie cet agent physique. Finalement, les cocons étouffés, tant par la chloropicrine que par la chaleur, sèche ou humide, ont été soumis à des essais de filature, dans divers laboratoires et stations séricicoles. Les qualités des produits obtenus (titre, élasticité, ténacité, rendement au décreusage, etc.) ont été déterminées avec toute la compétence désirable par le laboratoire de la Condition publique des Soies de Lyon.

De toutes ces études et expériences, il résulte que l'on peut obtenir un étouffage complet et rapide des cocons par la chloropicrine : la dose d'un gramme de substance volatile par kilogramme de cocons à la température ordinaire, suffit pour atteindre largement le résultat en 1 heure, même lorsqu'il reste dans le lot des cocons doubles ou satinés. Les cocons exposés à l'air sur des claies après le traitement perdent presque aussitôt toute odeur de chloropicrine. Ils se dessèchent ensuite très facilement.

L'étouffage à la chloropicrine est sans action sur l'enveloppe soyeuse. Après le traitement, les cocons ont la même couleur et les mêmes qualités que les cocons frais. Ils se filent, notamment, avec la même facilité.

Le rendement en soie grège des cocons étouffés par la chloropicrine est égal, parfois même supérieur, à celui des cocons étouffés par les procédés industriels (chaleur sèche et chaleur humide).

Les propriétés physiques et les rendements au décreusage sont, aux erreurs près d'expériences, les mêmes pour la soie grège extraite des cocons étouffés par la chloropicrine et pour la soie grège obtenue à l'aide des procédés ordinaires.

En conséquence, il est permis d'envisager sérieusement l'étouffage des cocons par la chloropicrine, aussi bien par les éducateurs que par les industriels.

Les premiers, en opérant dans une caisse de forme et de grandeur appropriées, ou même dans une boîte, une malle et un tonneau, puis en desséchant les cocons traités sur les claies d'éducation, pourront se libérer de leur servitude vis-à-vis de certains intermédiaires qui, sans courir les mêmes risques et avec beaucoup moins de travail, réalisent parfois les plus gros bénéfices.

Les industriels trouveront sans doute aussi à gagner. Aux prix actuels de la chloropicrine et des combustibles, la dépense d'étouffage par le nouveau procédé est déjà inférieure à celle des procédés en usage, et l'on pourrait probablement encore, surtout dans les opérations en grand, diminuer la proportion de la substance active. D'autre part, la surveillance de l'opération est beaucoup plus facile, le procédé à la chloropicrine comportant une très grande marge de sécurité et ne risquant pas d'altérer la soie, comme cela arrive trop souvent dans les procédés qui reposent sur l'action de la chaleur.

On peut espérer, enfin, que le nouveau procédé d'étouffage influencera

utilement l'expansion de la sériciculture. Dans les conditions économiques où nous nous trouvons, l'élevage des vers à soie est une opération lucrative pour ceux qui la pratiquent et avantageuse pour le pays. Il existe en bien des régions de la France, et même aux environs de Paris, des restes de plantations de mûriers qui pourraient servir d'amorces à des petites éducations, celles qui sont le plus facile à conduire et qui donnent, à partir d'un certain poids de graines ou œufs de vers à soie, les meilleurs rendements en cocons. Mais l'éloignement de ces régions des grands centres séricicoles est un obstacle à la vente des cocons frais (qui, on se le rappelle, éclosent peu de jours après leur récolte). On ne peut donc songer raisonnablement à créer des éducations particulières en de telles régions si l'on ne dispose d'un procédé d'étouffage commode et sûr, n'ayant pas d'action nocive sur la soie, n'exigeant, enfin, aucune installation compliquée et coûteuse. Ce sont justement là des qualités attribuables au procédé d'étouffage que je fais connaître aujourd'hui.

THÉRAPEUTIQUE. — *Le jus de viande cru, pur, sec, et total dans le traitement de la tuberculose humaine et la reconstruction des muscles.* Note de M. **Charles Richet.**

I. En 1902 j'ai démontré, avec J. Héricourt, que les chiens tuberculisés, quand ils sont nourris exclusivement à la viande crue, résistent *tous* à l'infection tuberculeuse, tandis que d'autres chiens, pareillement tuberculisés, mais autrement nourris, meurent *tous*, quels que soient le traitement et le régime alimentaire. Après deux ans d'études, portant sur une centaine de chiens, la démonstration a été d'une précision bien rare en thérapeutique expérimentale, car il n'y eut pas d'exception.

Nous avons pu ensuite établir que cette puissante efficacité de la viande crue dans le traitement de l'infection tuberculeuse du chien était due uniquement au jus de la viande obtenu par expression, et nous avons appelé *Zomothérapie* (Ζῶμος) (jus de viande) cette méthode thérapeutique.

Naturellement, les médecins ont aussitôt essayé de l'appliquer à l'homme et ils ont obtenu d'heureux résultats de cette médication. Mais l'obtention du jus de viande est difficile, de sorte que pratiquement la Zomothérapie intensive et totale (qui seule est efficace) ne fut presque jamais convenablement pratiquée.

Mais en 1913, Grigaut, Guilbaud et mon fils Charles Richet ayant préparé

l'extrait sec du jus de viande crue, j'ai pu, à l'hôpital de la Côte Saint-André, réservé aux soldats tuberculeux, étudier d'une manière approfondie, pendant tout le cours de l'année 1917, les effets de cette *nouvelle zomothérapie*.

Ce sont ces résultats extrêmement nets que je vais présenter aujourd'hui. Si j'ai attendu longtemps pour les exposer, c'est que je ne me croyais pas en droit de le faire avant qu'eût été rendue abordable à tous cette préparation du jus de viande, cru, pur, sec et total, qui n'avait jusqu'à ces derniers jours pas pu être réalisée.

II. Le jus de viande sec se redissout presque intégralement dans le bouillon froid ou tiède. C'est ce bouillon, contenant le jus de viande sec, dissous, que je faisais ingérer aux malades. Ils le prenaient sans difficulté. Jamais l'ingestion, même de 100^g de jus de viande desséché ne provoque le moindre trouble digestif ou rénal. J'en ai pu prendre sans aucun inconvénient, en 9 jours, 920^g, ce qui représente à peu près le jus de 40^{kg} de viande. En général chaque malade en prenait 80^g par jour, ce qui équivaut, non alimentairement, mais thérapeutiquement, à 2700^g de viande.

III. Mon étude de statistique thérapeutique a porté sur à peu près 350 malades, adultes de 22 à 40 ans, soldats tuberculeux en instance de réforme. Mais tous n'ont pas été également bien suivis ou examinés. Je laisserai donc de côté les malades qui ont suivi le traitement pendant moins d'un mois, et je ne prendrai que 260 malades (qui présentaient tous des bacilles de Koch dans leurs crachats) et dont le poids a été régulièrement noté pendant un mois au moins. Ma statistique porte sur tous les malades traités pendant plus d'un mois, et sur ceux-là seuls.

Non seulement ils avaient des bacilles de Koch, mais ils présentaient tous les signes stéthoscopisques et cliniques d'une tuberculose pulmonaire.

Il ne s'agit pas cependant de tuberculose du troisième degré. Ils n'avaient ni fièvre, ni diarrhée, ni hémoptysie, ni albuminurie. C'était donc une tuberculose à la fois avérée et commençante.

Afin d'avoir un critérium facile et démonstratif, je me suis principalement attaché à la mesure du poids corporel.

On peut en effet admettre ce double *postulatum* clinique évident :

1° Quand pendant plusieurs semaines un tuberculeux augmente régulièrement de poids, c'est que la maladie est en voie d'amélioration;

2° Quand pendant plusieurs semaines un tuberculeux diminue régulièrement de poids, c'est que la maladie est en voie d'aggravation.

Je ne mentionnerai donc pas *brevitatis causâ* les effets bienfaisants de l'ingestion de jus de viande, sur l'état général, l'appétit, le sommeil. Je me bornerai à indiquer les variations du poids corporel observées pendant un mois au moins, le plus souvent pendant deux mois, quelquefois (mais rarement) pendant trois mois.

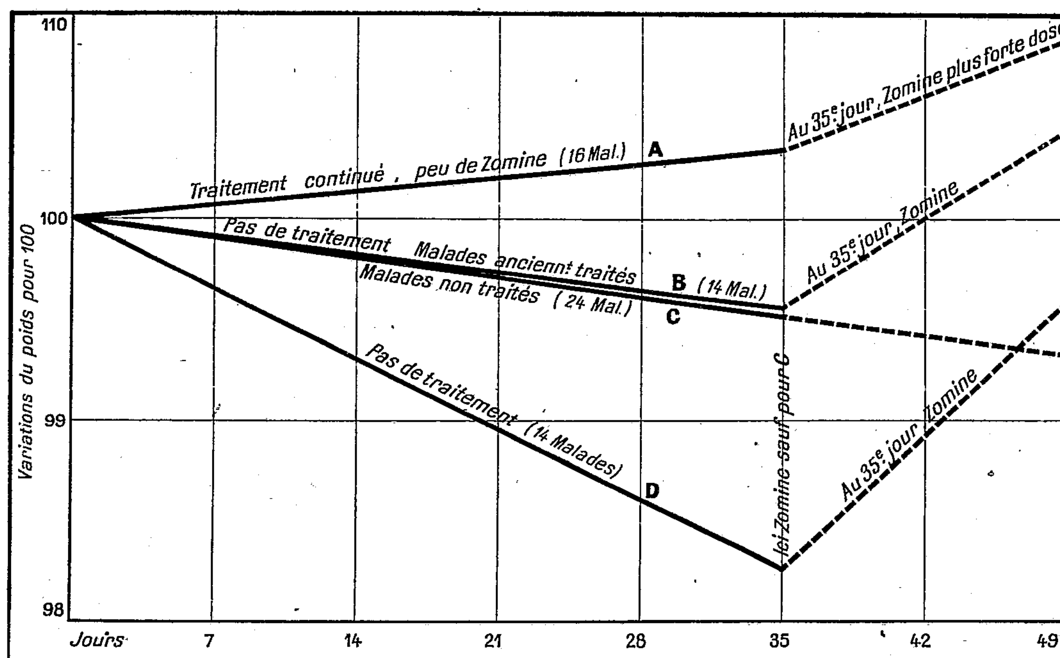


Fig. 1.

1° Comparer D et C. D marque le poids des 14 malades témoins qui au trente-cinquième jour avaient baissé le plus; on leur donne de la zomine, et en deux semaines leur poids s'est élevé aussitôt.

2° Comparer A avec B, C et D. On voit que, même avec une faible dose de zomine, pour A (30g par jour), on maintient l'élévation du poids. B, C et D, qui ne prenaient pas de zomine, ont tous baissé.

Les malades B, dont le traitement a été suspendu, baissent presque comme les témoins : il suffit de leur rendre de la zomine pour voir remonter leur poids. Les malades C, à qui on n'a pas donné de zomine, continuent à baisser.

Les malades A, qui prenaient une faible dose et augmentaient tout de même (faiblement) de poids, augmentent davantage quand on augmente la dose de zomine.

Nul élément personnel d'appréciation n'intervient dans cette mensuration rigoureuse.

Sur 101 soldats ayant pris du jus de viande desséché (de 50 à 80g par jour), le croît moyen par jour et par 100kg de poids a été de 23g, tandis que

sur 15 soldats pris comme témoins, n'étant ni plus ni moins malades que les 101 traités, il y a eu décroît de 6g par jour, soit une différence de 29g.

Or, comme il s'agit d'une observation poursuivie en moyenne pendant un peu plus de deux mois, cela fait une différence totale de 1800g par individu, entre les 101 traités et les 159 non traités.

Si importante que soit cette différence, elle ne rend pas compte cependant des croîts surprenants que j'ai parfois constatés. Dans les trois meilleurs cas, observés pendant trois mois, j'ai trouvé une augmentation (sur 100k et par jour) de 162, 135, 121g. On ne trouverait pas beaucoup de médications qui, durant trois mois, chez des tuberculeux avérés, dont les crachats contiennent des bacilles de Koch, pourraient donner ce croît considérable et prolongé.

IV. J'ai mesuré, semaine par semaine, la force musculaire de mes malades, soit par la dynamométrie, soit par l'ergographie. On sait que ces deux méthodes d'appréciation ne sont pas identiques. L'ergographie donne le travail musculaire total, pendant une minute. La dynamométrie donne l'effort musculaire maximum pendant quelques secondes.

Sur une quarantaine de malades environ, j'ai nettement constaté, et cela presque sans exception, que la puissance musculaire augmentait en très forte proportion, beaucoup plus que n'augmente le poids, passant en un mois de 100 à 166 pour l'ergographie, de 100 à 115 pour la dynamométrie.

En somme, ce croît de la puissance musculaire marche parallèlement avec le croît du poids corporel, comme l'indiquent nettement mes graphiques.

V. Si par la zomothérapie, la force musculaire augmente, c'est qu'il y a *reconstruction du muscle*.

C'est là un fait absolument nouveau dont je puis donner la démonstration.

J'ai en effet, par des expériences d'ingestion de jus de viande (tant sur moi-même que sur mes zélés disciples et amis P. Brodin et Fr. Saint-Girons, qui m'ont, pour toutes ces recherches, apporté leur judicieux concours), prouvé que par l'ingestion du jus de viande desséché, une certaine quantité d'azote est fixée par l'organisme.

Rien n'est plus simple que de faire cette démonstration.

Pendant plusieurs jours avant l'ingestion, l'azote total éliminé par moi dans les urines a été de 8g,11 par jour. On doit donc admettre que mon ingestion d'azote était aussi de 8g,11 par jour.

En ingérant 100g de jus de viande desséché, l'ingestion d'azote est devenue 19g,5 (par jour).

Or l'élimination d'azote n'a été que de $14^g,30$. Il y a donc eu $5^g,15$ d'azote fixé par jour.

Chez P. Brodin et Fr. Saint-Girons, qui ingéraient également du jus de viande, et dont l'azote total était dosé, la même fixation d'azote a été constatée.

Nous avons en chiffres ronds pour trois personnes (Ch. R., P. B. et Fr. St.-G.) pendant neuf jours, ingestion totale de 550^g d'azote, élimination de 436^g, par conséquent fixation de 114^g, ce qui représente, pour chacun de nous, par jour, une fixation de $4^g,2$ d'azote.

Ces expériences, très rigoureuses, n'ont pas été faites sur les malades, car on n'est jamais assuré que la récolte de l'urine totale est faite d'une manière irréprochable.

Ainsi une partie de l'azote du jus de viande cru est fixée par l'organisme.

Une confirmation très curieuse de ce fait fondamental c'est qu'il y a, parallèlement à la fixation d'azote, fixation du phosphore, comme des dosages rigoureux l'ont démontré. Or le tissu musculaire est riche en phosphore.

Voici donc quatre faits qui se développent parallèlement :

1° Augmentation du poids corporel;

2° Croît de la force musculaire;

3° Fixation d'azote;

4° Fixation de phosphore.

Une conclusion s'impose, c'est que, par l'ingestion du jus de viande, il se fait une reconstruction du tissu musculaire. Depuis longtemps les médecins ont constaté que, dans la première période de la tuberculose, il y a constamment atrophie ou plutôt hypotrophie des muscles. Grâce à l'ingestion du suc musculaire, ces muscles en voie de dégradation se réparent rapidement, ce qui explique l'augmentation du poids corporel manifestement plus rapide dans les premières semaines de l'ingestion que plus tard. La formation de graisse est peut-être pour quelque chose dans l'augmentation du poids corporel, mais c'est surtout la reconstruction du tissu musculaire atrophié qui rend compte du croît observé.

VI. Rattachons ces faits à la physiologie générale.

Les êtres vivants depuis des millions d'années se sont alimentés sans que la cuisson ait agi sur leurs aliments. Il est probable qu'il n'y a eu d'aliments cuits que depuis quinze à vingt mille ans à peine, ce qui est peu de chose à côté des millions d'années qui ont précédé l'apparition de l'homme et l'invention du feu. Or la cuisson, si elle agit peu sur les aliments gras et les hydrates de carbone, disloque radicalement les matières albuminoïdes et

transforme des substances, facilement assimilables, en des produits nouveaux dont l'assimilation est plus laborieuse.

Cette dislocation de l'albumine par la chaleur explique comment l'alimentation par l'albumine cuite est insuffisante. J'ai pu démontrer cette insuffisance par une expérience décisive.

En effet, ce n'est pas seulement chez les animaux tuberculeux que la viande crue est, au moins chez les chiens, supérieure à toute autre alimentation. Des chiens normaux, nullement tuberculisés, nourris exclusivement avec de la viande cuite, meurent en cinq à six semaines, tandis que, s'ils sont nourris à la viande crue exclusive, ils augmentent de poids, et montrent une santé admirable.

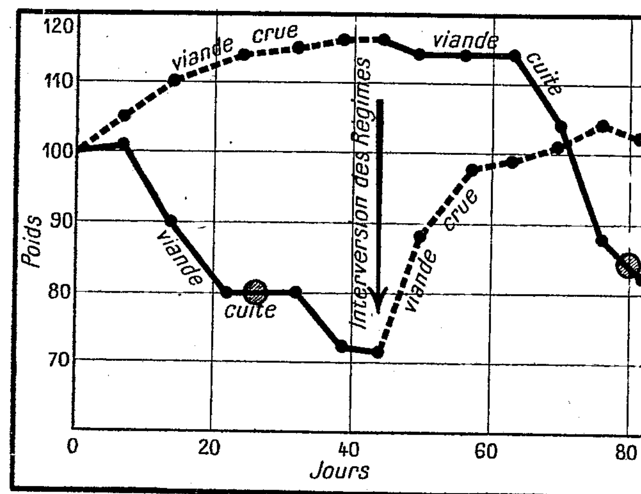


Fig. 2. — Poids de 6 chiens non tuberculeux, nourris à la viande cuite seule (III), nourris à la viande crue seule (III). Au quarante-quatrième jour, interversion du régime. 2 chiens nourris à la viande cuite sont morts, comme l'indiquent les cercles en hachures.

Conclusions. — 1° Les chiens alimentés avec de la viande crue ou du jus de viande résistent tous à l'infection tuberculeuse, alors qu'ils succombent toujours s'ils reçoivent une autre alimentation;

2° Le jus de viande peut être préparé, sec, pur et total, et ce jus de viande desséché a toutes les qualités du jus de viande frais;

3° Cliniquement sur 260 malades tuberculeux avérés, j'ai pu constater, pendant les deux mois de séjour de ces malades à l'hôpital, que l'ingestion du jus de viande desséché augmentait rapidement et presque constamment leur poids de 23^g par jour, en moyenne. Chez des malades identiques, pris

comme témoins, le poids, en moyenne, diminuait de 6g par jour, soit une différence de 29g;

4° Parallèlement à cette augmentation de poids, il y a augmentation de la force musculaire;

5° Parallèlement à cette augmentation de force musculaire, il y a fixation d'azote;

6° Parallèlement à cette fixation d'azote, il y a fixation de phosphore.

Donc l'ingestion du jus de viande amène la rapide reconstruction du tissu musculaire et l'amélioration progressive de l'état général.

GÉOLOGIE. — *Sur une faune sénonienne de Mosasauriens et de Crocodiliens à la base des couches phosphatées de Melgou (Maroc occidental).* Note [1] de MM. **Ch. Depéret** et **P. Russo.**

I. Stratigraphie. — Au centre du Maroc, le vaste plateau subtabulaire de Settat est le produit de la transgression des mers crétacées supérieures et éocènes sur une pénéplaine primaire plissée et arasée, que M. L. Gentil désigne sous le nom expressif de Meseta marocaine. La transgression, ébauchée dès le Trias et le Rhétien, s'est accusée seulement avec le Cénomanien, mais la pénéplaine primaire n'a été entièrement submergée qu'à partir du Sénonien et pendant l'Éocène.

Actuellement, le plateau de Settat constitue une sorte de dôme à large rayon de courbure dont les assises s'inclinent en divergeant autour d'une région centrale située vers le Khoudiat er Rih (à l'ouest d'Oued Zem). Par suite des érosions, le plateau crétacé-éocène est limité sur tout son pourtour par des falaises ou *cuestas* plus ou moins abruptes, facilitant l'étude stratigraphique.

L'un de nous a étudié la succession des assises en divers points du plateau, notamment à l'Oued Zem, à Bir Mezouf et à El Moungar (Melgou) sur la bordure septentrionale, à Ben Ahmed et Settat à l'Ouest, à Ben Abbou et El Boroudj sur la bordure méridionale dominant la vallée du Tadla, enfin à l'Est, à Kasba Tadla. MM. L. Gentil et Joleaud ont également publié quelques coupes relatives surtout au *faisceau phosphaté* en voie d'exploitation sur le pourtour du plateau.

Nous ne nous occuperons ici que de la bordure septentrionale allant

(1) Séance du 12 mai 1924.

d'Oued Zem à Ben Ahmed, région d'où provient l'importante faune de poissons et de reptiles découverte par l'un de nous près de la station d'El Moungar.

La succession des couches à partir des plus anciennes est la suivante :

1° Le Cénomanien ne se montre que vers l'Est dans la région d'Oued Zem et Boujad, reposant sur le socle primaire. Il est formé de calcaires gréseux jaune d'or et de calcaires compacts jaune et blanc avec *Exogyra Delettrei* Coq, *Plicatula Auressensis* Coq. Épaisseur totale : 100^{m} environ.

2° Le Turonien est représenté à sa base par un calcaire contenant *Cardium productum* Sow et *Rostellaria cf Reussi*. Au-dessus on observe un banc de silex, puis des calcaires jaunes cariés et, enfin, des molasses jaunâtres argileuses sans fossiles. Cet ensemble mesure 10^{m} dépaisseur environ. La limite supérieure du Turonien est peu précise en l'absence de fossiles.

3° Le Sénonien est très bien caractérisé par un niveau de calcaires compacts blancs ou parfois chamois, formant une corniche saillante qu'il est facile de suivre tout autour du plateau et qui constitue un point de repère stratigraphique précieux et constant. Nous avons eu la bonne fortune d'y découvrir des Thersitées de petite taille qui nous ont paru identiques à *Hemithersitea verrucosa* décrite par Locard, de couches très inférieures aux phosphates de Tunisie et dont l'âge est probablement identique aux nôtres. Cette découverte intéressante montre que le rameau des Thersitées, considéré jusqu'ici comme exclusivement Éocène, pousse des racines jusque dans le Sénonien où il est représenté, comme cela est la règle pour les formes archaïques, par une espèce de faibles dimensions.

L'âge campanien de ces Thersitées se trouve démontré par la présence de reptiles du Sénonien supérieur dans des couches superposées à cet horizon, comme nous allons le voir.

Plus haut vient une série d'autres calcaires blancs plus ou moins durs dans lesquels s'intercalent des assises gréseuses jaunes et trois bancs de rognons de silex. En attribuant encore cet ensemble au Campanien, nous avons ici un Sénonien d'une épaisseur totale de 40^{m}.

4° Avec le Sénonien supérieur commence le faisceau des couches phosphatées de Melgou. C'est dans les couches phosphatées les plus inférieures, encore pauvres en phosphate et inexploitables, que nous avons découvert dans la tranchée du chemin de fer à l'est de la station d'El Moungar les reptiles Crocodiliens et Mosasauriens qui font l'objet de cette Note.

5° La série phosphatée continue ensuite de plus en plus riche exploitée près de Bou Djeniba (Dechra Oulad Brahim).

Nous y avons recueilli une faunule de poissons sélaciens comprenant: *Corax pristodontus* Ag., *Odontaspis* cf. *Bronni* Ag., *Oxyrhina Mantelli* Ag., *Scapanorhynchus gigas* Woodw. Cette faune peut appartenir soit au Danien, soit au Montien, peut être à l'ensemble de ces deux étages.

6° Enfin le faisceau phosphaté est couronné sur l'entablement du plateau qui atteint l'altitude de 860^{m} à la Koudiat er Rih, par une dalle siliceuse parfois un peu calcaire

contenant en grande abondance *Hemithersitea marocana* Savornin. Nous sommes ici incontestablement dans l'Éocène, probablement dans l'Éocène inférieur, sans qu'on puisse préciser davantage.

II. Paléontologie. — Le gisement de la tranchée d'El Moungar a fourni des débris de reptiles marins de deux groupes : un Mosasaurien et un Crocodilien.

1. *Mosasaurien.* — Il a été recueilli un fragment de maxillaire supérieur portant une seule dent bien caractérisée par sa racine dilatée et entièrement soudée à l'os. La couronne est conique, comprimée en travers avec deux faces presque également convexes, séparées par deux arêtes, dont l'antérieure est plus marquée; la pointe est légèrement incurvée en arrière et en dedans. L'émail, lisse à l'œil nu, montre à la loupe une striation fine et régulière; on voit à peine une trace de crénelures à la base de l'arête antérieure.

Une deuxième dent isolée est dépourvue de son émail, mais présente la même forme générale, un peu plus aiguë : elle doit appartenir à la mandibule.

Les dents de Melgou nous paraissent pouvoir être rapportées à l'espèce de la craie campanienne d'Angleterre, décrite par Owen sous le nom de *Liodon anceps*. P. Gervais et Gaudry ont retrouvé le même type dans la craie de Meudon (Campanien supérieur). L'espèce est caractérisée surtout par la presque égale convexité des dents sur les deux faces interne et externe. Il faut ajouter que ce genre *Liodon* Owen non Marsh, n'est pas très bien caractérisé, car on n'en connaît que des fragments de mâchoire et des dents isolées. Il se pourrait qu'il fût identique au genre *Hainosaurus* Dollo, de la craie phosphatée supérieure du Hainaut (Campanien supérieur).

Quoi qu'il en soit de la détermination générique, la présence d'un Mosasaurien à la base des phosphates marocains est des plus intéressantes : 1° Parce que ce groupe de Reptiles n'a encore été signalé nulle part dans l'Afrique du Nord, ni même dans l'ensemble du continent africain; 2° Parce que la présence du *Liodon anceps* détermine avec une grande précision l'âge campanien supérieur ou au plus haut maëstrichtien des couches phosphatées inférieures de la région de Melgou-Oued Zem.

2. *Crocodilien.* — A un Crocodilien de taille géante appartient une dent isolée et une plaque dermique trouvées dans la même couche.

La dent, du type crocodilien, est conique, un peu incurvée vers le sommet, légèrement aplatie en travers avec une double carène antérieure et postérieure, celle-ci plus forte et plus prolongée en bas. L'émail est

couvert de fines stries parallèles. Par sa grosseur et sa faible compression transversale, cette dent ressemble aux deux grosses dents antérieures implantées à l'extrémité du rostre du Téléosauridé longirostre des phosphates de Tunisie, le *Dyrosaurus phosphaticus* Thomas. La forme relativement courte et large indique une dent supérieure ou *croc prémaxillaire*.

Par ses très fortes dimensions (longueur 50^{mm}, diamètre à la base 30^{mm}) la dent de Melgou dépasse la moyenne des individus du *Dyrosaurus phosphaticus*, mais les dimensions de cette espèce sont très variables et certaines pièces comme le fragment de rostre de Tebessa figuré par Thevenin et celui encore plus fort de Gafsa figuré par De Stefano devaient posséder des crocs prémaxillaires aussi forts que celui de Melgou.

On ne peut hésiter à attribuer le crocodilien du Maroc à un *Dyrosaurus* en l'inscrivant sous la dénomination provisoire de *Dyrosaurus* sp.

Dans la même couche que la dent du *Dyrosaurus* a été recueillie une plaque dermique, de taille également géante, qui présente tous les caractères d'ornementation des Téléosauridés : surface creusée d'alvéoles profondes de forme variable, circulaires, polygonales ou irrégulières.

L'association dans la même couche de la dent prémaxillaire et de la plaque dermique, l'une et l'autre de très grande taille, rend très vraisemblable l'attribution des deux pièces à une même espèce, peut-être au même individu.

Cette observation présente une certaine importance, car le *Dyrosaurus* a été considéré par les paléontologistes comme dépourvu de cuirasse dermique dorsale, par la raison qu'on n'a jamais trouvé en Tunisie de plaques osseuses associées aux os du crâne ou du squelette. La découverte à Melgou d'une plaque dermique du type des Téléosaures tend à faire disparaître cette anomalie, bien invraisemblable chez un Téléosauridé, d'autant plus que le crâne du *Dyrosaurus* est revêtu de plaques dermiques à ornementation aréolée, semblable à celle des plaques dorsales de la famille. Il nous paraît probable qu'on retrouvera ces plaques un jour ou l'autre en Tunisie.

D'autre part, l'association à Melgou d'un *Dyrosaurus* avec le *Liodon anceps* décrit plus haut nous amène à admettre qu'un Téléosauridé du genre *Dyrosaurus* a débuté au Maroc probablement dès le Campanien supérieur. Ce genre de Crocodiliens s'est ensuite continué en Algérie et en Tunisie jusque dans le Montien pour s'éteindre sans doute au niveau de ce premier étage des temps tertiaires.

Conclusions. — Des observations précédentes résultent quelques faits nouveaux d'un intérêt général :

1° La présence dès le Crétacé supérieur d'un représentant de la famille aberrante des Thersithéidés, jusqu'ici regardée comme exclusivement éocène, mais dont le rameau pousse des racines jusqu'au Campanien sous la forme d'une espèce de petite taille (*Thersitea verrucosa* Locard).

2° La découverte dans les couches phosphatées inférieures du plateau de Settat d'un Mosasaurien (*Liodon anceps*); cet ordre de reptiles était jusqu'alors inconnu dans tout le continent africain.

3° L'association avec ce Mosasaurien d'une espèce du genre *Dyrosaurus*, Crocodilien de la famille des Téléosauridés, pourvu, contrairement à ce qui était admis, d'une armure dorsale de plaques dermiques.

4° Au point de vue stratigraphique, la démonstration de l'âge crétacé supérieur, déjà pressentie par MM. L. Gentil et Joleaud, et probablement même Campanien (d'après la présence du *Liodon anceps*) de la base du faisceau phosphaté du Maroc.

La phosphatisation débute ici avec le Campanien supérieur ou au plus haut avec le Maestrichtien, pour s'étendre verticalement jusqu'au Montien et même à une partie de l'Éocène inférieur.

MAGNÉTISME. — *Aimantation spontanée du nickel. Lignes d'égale aimantation.* Note de MM. **Pierre Weiss** et **R. Forrer**.

I. Nous avons montré (¹) comment on détermine l'aimantation spontanée à l'aide du phénomène magnétocalorique. La première figure (courbe σ, points noirs) représente l'aimantation spontanée en fonction de la température dans l'intervalle de 20° au Point de Curie (357°,6). Dans la même figure on trouve (autres courbes σ, points clairs) les courbes représentant l'aimantation dans les champs de 3228^g, 4116^g, 10070^g, 17775^g. Ces courbes, déterminées pour la première fois dans des limites de champ aussi étendues et avec cette précision, ont la physionomie connue.

La courbe σ^2 représente les carrés de l'aimantation spontanée en fonction de la température, forme qui est plus intuitive pour la discussion des propriétés énergétiques. En effet, son coefficient angulaire au Point de Curie sert à calculer la discontinuité de la chaleur spécifique vraie.

II. Dans une Note précédente (²) nous avons considéré l'aimantation

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1448.
(²) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1046.

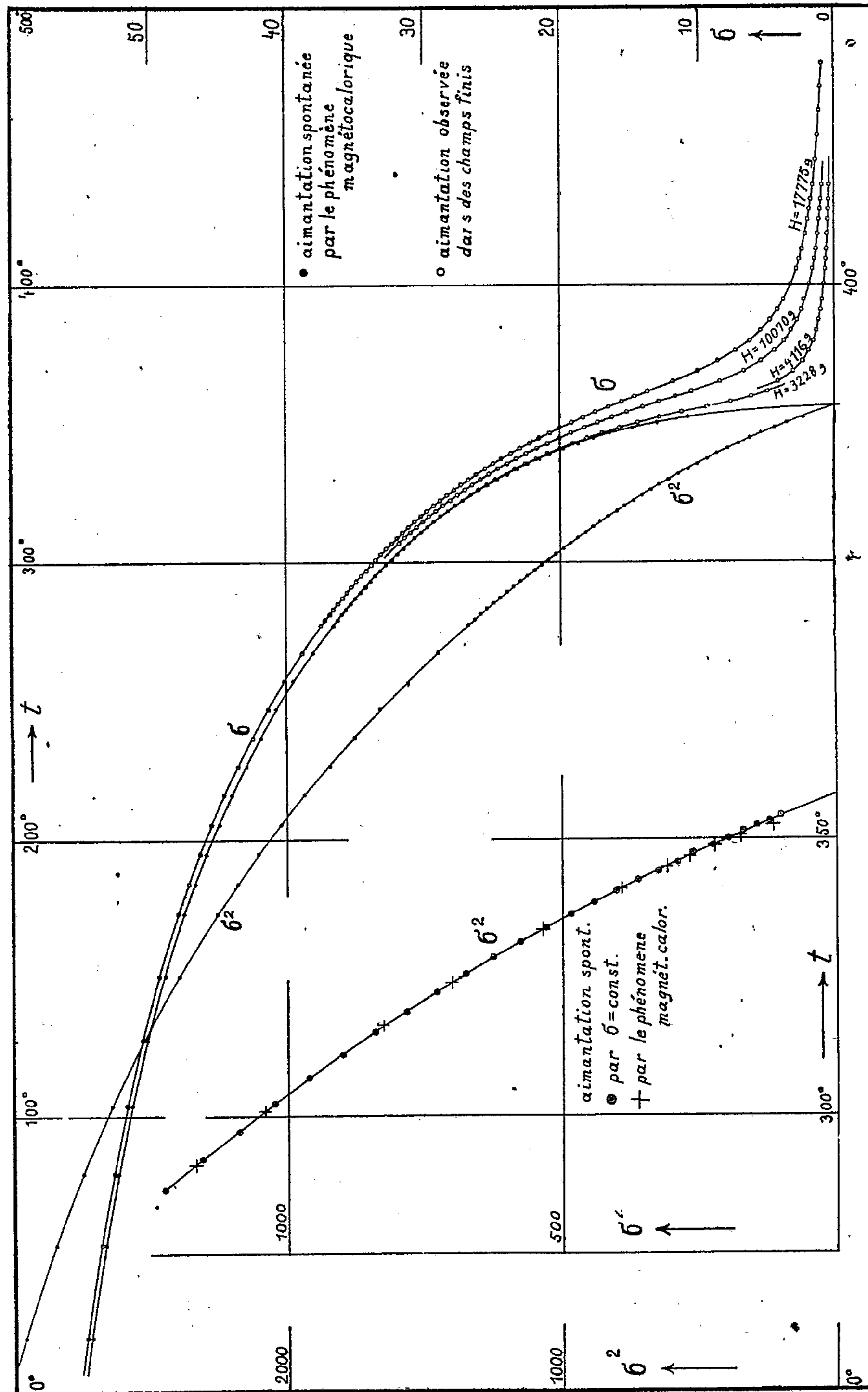

• aimantation spontanée par le phénomène magnétocalorique
○ aimantation observée dans des champs finis
H=17775 g
H=10070 g
H=4116 g
H=3228 g
aimantation spont.
par σ = const.
+ par le phénomène magnét. calor.
σ
σ²
t
0°
100°
200°
300°
400°
500°
10
20
30
40
50
500
1000
2000
350°

Fig. 1.

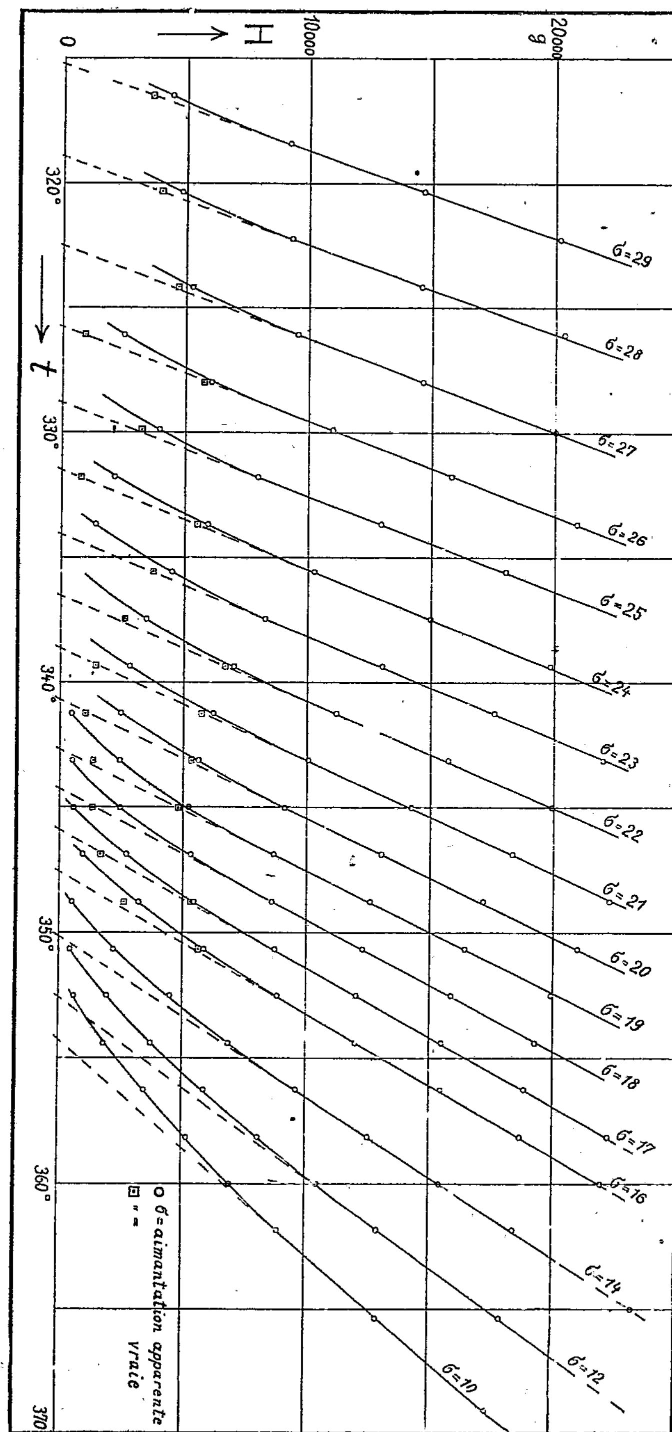


Fig. 2. — Lignes d'égale aimantation du nickel.

apparente, c'est-à-dire l'aimantation projetée sur la direction du champ que donne l'expérience, et, au moyen du phénomène magnétocalorique, nous en avons déduit la vraie grandeur de l'aimantation. Nous avons tracé les isothermes de l'aimantation apparente et de l'aimantation vraie.

Dans la figure 2 nous représentons, pour ces deux familles d'isothermes, dans le plan des températures et des champs, les lignes correspondant à une valeur donnée de l'aimantation. Les courbes en trait plein (points ronds) se rapportent à l'aimantation apparente. Elles sont rectilignes dans la région des champs élevés et s'incurvent dans les champs faibles.

Dans les champs forts, les lignes $\sigma =$ const. de l'aimantation vraie coïncident avec celles de l'aimantation apparente Dans les champs faibles (trait interrompu) elles continuent la partie rectiligne des isothermes de l'aimantation apparente. Les points marqués d'un carré, correspondant à l'aimantation vraie, se placent sur ces droites avec des écarts de l'ordre des erreurs d'expérience et qui n'ont rien de systématique.

On peut donc appliquer aux aimantations vraies les conséquences thermodynamiques du caractère rectiligne de $\sigma =$ const. ([1]). Nous y reviendrons.

Il en résulte aussi une deuxième détermination indépendante de l'aimantation spontanée. L'intersection de chaque droite avec l'axe des t donne la température à laquelle la valeur de σ correspondant à la droite s'obtient dans un champ nul, donc est spontanée. La courbe à gauche dans la première figure donne, à plus grande échelle, le carré de l'aimantation spontanée en fonction de la température. Les cercles représentent les points obtenus par les $\sigma =$ const., les croix ceux qui sont donnés par le phénomène magnétocalorique. L'accord est complet, sauf dans la région troublée au voisinage immédiat du Point de Curie.

M. **Louis Joubin** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé : *Contribution à l'étude des Céphalopodes de l'Atlantique nord* (4e série), qui constitue le fascicule LXVII des *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht* par Albert Ier, prince souverain de Monaco.

M. **L. de Launay** fait hommage à l'Académie de la 5e Partie de ses *Études sur le Plateau Central*, intitulée : *Notes sur le terrain tertiaire de la Limagne bourbonnaise*, avec mémoires additionnels de paléontologie, par MM. **Ch. Depéret** et **G. Dollfus**.

([1]) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 78.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité des 48 suffrages, M. A. **Lacroix** est réélu membre du Conseil de la *Fondation Curie*.

Par 40 suffrages contre 8 à M. *Angel Gallardo* M. **Johannes Schmidt** est élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Auguste Lumière. *Le problème de l'anaphylaxie.* (Présenté par M. E. Roux.)

2° Expédition antarctique française (1903-1905) commandée par le Dr Jean Charcot. Sciences naturelles : Documents scientifiques : *Diatomées*, par le Commandant Peragallo. (Présenté par M. L. Joubin.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Étude de l'intégrale générale d'un système différentiel d'ordre 2n autour de ses singularités transcendantes.* Note de M. **René Garnier**.

1. Dans des Notes antérieures [1] j'ai étudié les intégrales de l'équation irréductible (VI) de M. Painlevé autour de leurs singularités transcendantes. Actuellement, je me propose d'indiquer comment *les méthodes que j'ai employées pour étudier* (VI) *et les résultats que j'ai obtenus, s'étendent à toute une classe de systèmes différentiels qui généralisent* (VI) : les systèmes (f_n, F_n), d'ordres arbitrairement élevés $2n$, que j'ai introduits dans ma Thèse [2]. Soient $t_1, \ldots, t_n$ les variables indépendantes et $\lambda_1, \ldots, \lambda_n$

(1) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 939; t. 163, 1916, p. 8 et 118; voir aussi *Ann. Éc. Norm.*, t. 34, 1917, p. 239-353.

(2) *Ann. Éc. Norm.*, t. 29, 1912, p. 1; je dois renvoyer à ce Mémoire pour tout autre détail sur (f_n, F_n), et sur son lien avec la théorie des équations linéaires (p. 9).

les fonctions inconnues de (f_n, F_n); j'ai établi que, considérée comme fonction de l'un des t — soit t_i, i conservant désormais une valeur fixe — toute combinaison symétrique des λ_j est une fonction partout méromorphe, sauf pour certaines singularités fixes du plan t_i qui sont $t_i = 0, 1, \infty, t_j (j \neq i)$. Il s'agit maintenant *d'étudier l'intégrale générale de* (f_n, F_n) *autour des singularités précédentes;* d'ailleurs, comme pour l'équation (VI), on pourra se limiter à l'étude du point $t_i = 0$.

2. Or une difficulté préliminaire se présente aussitôt : d'une part la présence des $\lambda_j - \lambda_l$ aux dénominateurs de (f_n, F_n) — ou si l'on veut, la multiformité des λ_j qui se permutent entre eux — constitue un obstacle sérieux à l'étude de la singularité; et d'autre part les combinaisons symétriques élémentaires des λ_j ne satisfont pas à un système différentiel aisément maniable. Je suis parvenu pourtant à trouver *des fonctions symétriques des* λ_j *qui vérifient un système différentiel très simple :* ce sont les fonctions

$$z_k = \psi(t_k) : \varphi'(t_k) \qquad (k = 1, \ldots, n+2)$$
$$[\psi(x) \equiv (x-\lambda_1)\ldots(x-\lambda_n);\ \varphi(x) \equiv x(x-1)(x-t_1)\ldots(x-t_n);\ t_{n+1} \equiv 0,\ t_{n+2} \equiv 1].$$

Les z_k sont liés par les équations

$$\sum_{k=1}^{n+2} z_k = 0, \qquad \sum_{k=1}^{n+2} t_k z_k = 1;$$

et, en m'appuyant sur des identités qui proviennent de la théorie de la décomposition des fractions rationnelles en éléments simples; je montre que le système (f_n, F_n) peut être remplacé par le suivant (¹)

$$(g_n) \begin{cases} \dfrac{\partial z_k}{\partial t_i} = \dfrac{\partial z_i}{\partial t_k}; \\ (hki) = (kih) = (ikh) \quad \text{avec} \quad (t_k - t_h)(hki) \equiv z_k \dfrac{\partial z_h}{\partial t_i} - z_h \dfrac{\partial z_k}{\partial t_i}; \end{cases}$$

$$(G_n) \quad \frac{\partial^2 z_k}{\partial t_i^2} = \frac{1}{2 z_k}\left(\frac{\partial z_k}{\partial t_i}\right)^2 + \frac{1}{z_i}\frac{\partial z_i}{\partial t_i}\frac{\partial z_k}{\partial t_i} + \frac{1}{t_k - t_i}\frac{\partial z_k}{\partial t_i}$$
$$+ \frac{D^2}{2} z_i z_k \left(z_i + \frac{1}{t_k - t_i}\right) + \frac{d_i^2 z_k^2 - d_k^2 z_i^2}{2 z_k (t_k - t_i)^2}$$
$$+ \frac{z_k}{2 z_i (t_k - t_i)} \sum_{h=1}^{n+2\ \ i} \left[\frac{t_h - t_i}{z_h}\left(\frac{\partial z_h}{\partial t_i}\right)^2 + \frac{d_i^2 z_h^2 - d_h^2 z_i^2}{z_k (t_h - t_i)}\right] \qquad (k \neq i).$$

(¹) Tout indice placé en exposant de Σ désigne une valeur interdite à l'indice de sommation. Avec les notations de ma Thèse, on a

$$d_h^2 = 4c_h + 1, \qquad D^2 = 4(c_1 + \ldots + c_{n+3}) + 3n + 1.$$

3. Ceci posé, soit η un nombre positif arbitrairement petit; faisons la transformation $\mathrm{Log}(t_i : t_i^0) = \mathrm{T}_i$, employée déjà pour (VI) (t_i^0, constante dont le module est limité supérieurement en fonction de η). Considérons dans le plan T_i le secteur S dont les frontières ont pour argument $\frac{\pi}{2} + \eta$ et $\frac{3\pi}{2} - \eta$; nous désignerons par *caractéristique* du système (G_n) la succession des valeurs d'un système d'intégrales le long d'un rayon quelconque de S; et le premier problème que nous résoudrons sera la *construction effective de développements en séries représentant des caractéristiques de* (G_n). Comme pour (VI), nous parviendrons à des caractéristiques de *deux espèces différentes*, et nous les obtiendrons à l'aide de *la méthode des approximations successives* de M. Émile Picard. Mais, par leurs formes, les algorithmes que nous emploierons seront *entièrement différents de leurs homologues pour* (VI).

Construisons d'abord les caractéristiques de première espèce et du type général. On peut remplacer (G_n) par

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} &\frac{(t_k - t_i)^2}{z_i^2 z_k}\left(\frac{\partial z_k}{\partial t_i}\right)^2 = 2\mathrm{R}_k - d_i^2\frac{z_k}{z_i^2} + \frac{d_k^2}{z_k} + \mathrm{D}^2(t_k - t_i)^2 z_k \\ &\frac{\partial \mathrm{R}_k}{\partial t_i} = z_i \mathfrak{F}_k\left(\mathrm{R}_h;\ z_h;\ \frac{\partial z_i}{\partial t_i},\ t_i\right)\end{aligned}\right. \qquad (k \neq i,\ n+1)$$

($\mathfrak{F}_k$, fonction rationnelle); soit alors z_k^0, R_k^0 un système de $2n$ constantes finies quelconques, mais telles que le polynome en z

$$\mathrm{P}_k(z) \equiv \mathrm{D}^2 z^2 + \frac{2\mathrm{R}_k^0}{t_k^2} z + \frac{d_k}{t_k^2}$$

ait ses deux zéros distincts (*cas général*); faisons encore

$$\zeta_k = \int_{z_k^0}^{z_k} \frac{dz}{\sqrt{\mathrm{P}_k(z)}} \qquad \text{soit} \qquad z_k = \Phi_k(\zeta_k);$$

si l'on introduit enfin la variable τ par l'équation $z_i\,dt_i = d\tau$, (1) pourra être remplacé par

$$\frac{d\zeta_k}{d\tau} = 1 + \mathrm{F}_k(\zeta_k,\ \tau_i,\ \mathrm{R}_k - \mathrm{R}_k^0,\ t_i), \qquad \frac{d\mathrm{R}_k}{d\tau} = \mathfrak{F}_k,$$

où $|\mathrm{F}_k|$ est très petit avec $|\mathrm{R}_k - \mathrm{R}_k^0|$, $|z_i^{-1}|$, $|t_i|$ ($\mathfrak{F}_k$ satisfaisant à des conditions que je ne puis développer ici). On posera alors

$$\zeta_{k,0} = \tau - \tau_0; \qquad \mathrm{R}_{k,0} = \mathrm{R}_k^0;$$
$$t_{i,0} z_{i,0} = 1 - \Sigma^{i,n+1} t_k z_{k,0} = \mathrm{A}\,\mathrm{ch}(\tau - \tau_0) + \mathrm{B}\,\mathrm{sh}(\tau - \tau_0) + \mathrm{C},$$
$$\mathrm{Log}\frac{t_{i,0}}{t_i^0} = \int_{\tau_0} \frac{d\tau}{t_{i,0} z_{i,0}};$$

puis, pour l'approximation d'ordre général

$$R_{k,\nu+1} = R_k^0 + \int_0^\tau \mathfrak{F}_{k,\nu}\, d\tau, \qquad \zeta_{k,\nu+1} = \int_{\tau_{\nu+1}}^\tau (1 + F_{k,\nu})\, d\tau,$$

$\tau_{\nu+1}$ étant déterminé par l'équation $\Psi_{\nu+1}(0) = 0$, avec

$$\Psi_{\nu+1}(\tau) \equiv 1 - \Sigma^{i,n+1} t_k \Phi_k(\zeta_{k,\nu+1}) \,(= t_{i,\nu+1}\, \tau_{i,\nu+1})$$

et enfin

$$\operatorname{Log} \frac{t_{i,\nu+1}}{t_i^0} = \int_{\tau_{\nu+1}}^\tau \frac{d\tau}{\Psi_{\nu+1}(\tau)}:$$

on voit que la variable indépendante t_i *participe* aux approximations.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques suites de polynomes.* Note [1] de M. **F. Carlson**, présentée par M. Hadamard.

Soit $f(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots$ une série de Taylor dont le cercle de convergence a un rayon fini. Posons $P_n(x) = a_0 + a_1 x + \ldots + a_n x_n$. Par P_{n_i} je désigne une suite infinie contenue dans la suite P_n. Je veux étudier la distribution des zéros des polynomes P_{n_i} dans le voisinage du cercle de convergence. De la même manière, on peut étudier des suites de fonctions plus générales. Pour simplifier l'exposé je me contenterai de considérer les développements suivant les polynomes de M. Faber. Ces développements contiennent comme cas particuliers les séries de Taylor. Soit donc S une aire, située tout entière à distance finie dans le plan des x, limitée par un contour régulièrement analytique L. Faisons la représentation conforme de l'aire extérieure à L sur l'intérieur d'un cercle C dans le plan des t à l'aide d'une fonction $x = \frac{1}{t} + \psi(t)$ où ψ est régulière dans le voisinage de $t = 0$. Soit k le rayon du cercle C. Alors ψ sera holomorphe dans un cercle $|t| < K$ où $K > k$ peut être choisi de telle manière que les transformées des cercles $|t| = \rho$, $k < \rho < K$, soient des courbes simples intérieures à L. Nous désignerons par C_ρ le cercle $|t| = \rho$ et par L_ρ la courbe correspondante dans le plan des x. On suppose toujours $\rho < K$. Les polynomes de M. Faber sont définis par le développement

$$\frac{t\psi'(t)}{x - \psi(t)} = \sum_0^\infty R_n(x)\, t^n.$$

[1] Séance du 28 avril 1924.

Une fonction $f(x)$ régulière à l'intérieur de L_ρ peut être développée en une série

$$(1) \qquad f(x) = \Sigma a_\nu R_\nu(x).$$

Supposons $\limsup \sqrt[\nu]{|a_\nu|} = \rho_0$, $0 < \rho_0 < K$. Alors la série (1) converge uniformément à l'intérieur de L_{ρ_0}; elle diverge à l'extérieur de L_{ρ_0}. Posons $P_n(x) = a_0 R_0 + a_1 R_1 + \ldots + a_n R_n$. Pour une suite donnée n_i ($i = 1, 2, 3, \ldots$), et pour x pris sur L_ρ on pose

$$\operatorname{Max} |P_{n_i}(x)| = M_{n_i}(\rho); \qquad \limsup \sqrt[n_i]{M_{n_i}(\rho)} = \theta(\rho).$$

A toute suite n_i correspond une fonction θ. Pour $\rho \geqq \rho_0$, on a $\theta(\rho) = 1$; pour $\rho < \rho_0$, on a $1 \leqq \theta(\rho) \leqq \frac{\rho_0}{\rho}$. On montre d'abord l'existence de la limite

$$\lim_{\rho = \rho_0 - 0} \frac{\log \theta(\rho)}{\log \frac{\rho_0}{\rho}} = p:$$

p sera le nombre caractéristique de la suite n_i. *On a toujours* $p \leqq 1$. *La condition nécessaire et suffisante pour qu'à la suite donnée* n_i *corresponde la valeur limite* $p < 1$ *est qu'on ait pour tout nombre fixe* $p' > p$

$$\limsup \sqrt[\nu]{|a_\nu|} < \rho_0 \qquad \textit{pour} \qquad p' n_i \leqq \nu \leqq n_i.$$

Pour que $p = 1$ *pour toute suite contenue dans* P_n, *il faut et il suffit qu'il existe une suite* m_i *telle que*

$$\sqrt[m_i]{|a_{m_i}|} \to \rho_0, \qquad \frac{m_{i+1}}{m_i} \to 1.$$

Alors (et seulement dans ce cas-là), on a $\sqrt[n]{M_n(\rho)} \to \frac{\rho_0}{\rho}$. *Pour une suite* n_i *telle que* $\sqrt[n_i]{|a_{n_i}|} \to \rho_0$, *on a* $\sqrt[n_i]{M_{n_i}(\rho)} \to \frac{\rho_0}{\rho}$.

Désignons par $N(n, \rho)$ le nombre des zéros de P_n à l'intérieur de L_ρ. *La condition nécessaire et suffisante pour qu'à la suite donnée* n_i *corresponde un nombre caractéristique* < 1 *est qu'il existe un* $\rho < \rho_0$ *tel que*

$$\limsup_{i=\infty} \frac{N(n_i, \rho)}{n_i} < 1.$$

Pour déterminer de plus près la distribution des zéros des P_n dans le voisinage de L_{ρ_0} nous considérerons un domaine limité par deux courbes L_ρ et renfermant la courbe L_{ρ_0}. Soient L_{ρ_1} et L_{ρ_2} ces courbes : $\rho_1 < \rho_0 < \rho_2$. Pour

ce qui suit, la valeur de ρ_2 sera sans importance; on désigne donc par ρ_2 un nombre fixe quelconque supérieur à ρ_0. Nous partagerons le dit domaine en quadrilatères curvilignes par les courbes $V(\varphi)$ qui correspondent aux demi-droites $\arg. t = \varphi$. Considérons un tel quadrilatère limité par $V(\varphi)$ et $V(\varphi + \xi)$. Soit $\mu = \mu(n, \rho_1, \rho_2, \varphi, \xi)$ le nombre des zéros de P_n dans ce quadrilatère. Si ρ_1, ρ_2 et ξ restent fixes et que φ varie de o à 2π le nombre μ aura une valeur maximum $\nu(n, \rho_1, \xi)$. *Soient n_i une suite donnée et p le nombre caractéristique. Soient $\varepsilon > 0$, $\xi_0 > 0$ des nombres fixes. On peut trouver un $\rho_1 < \rho_0$ et un c tels que*

$$\frac{\nu(n_i, \rho_1, \xi)}{n_i} < \frac{\xi}{2\pi}(p + \varepsilon)$$

pour $\xi > \xi_0$, $i > c$. En particulier $N(n_i, \rho_1) < n_i(p + \varepsilon)$ pour $i > c$. On en conclut : *Si, à une suite donnée n_i on peut faire correspondre des nombres fixes $\rho_1 < \rho_0$, $\xi > \xi' > 0$ et c et, à tout n_i, un α_i tels que le nombre des zéros de P_{n_i} dans le quadrilatère limité par $V(\alpha_i)$ et $V(\alpha_i + \xi)$ soit inférieur à*

$$\frac{\xi'}{2\pi} n_i.$$

pour $i > c$, on a nécessairement $p < 1$. Le cas le plus simple est celui où il y a un quadrilatère fixe dans lequel P_n n'a qu'un nombre limité de zéros. Tel sera, par exemple, le cas pour une suite P_{n_i} qui converge uniformément dans un domaine comprenant à son intérieur un arc de L_{ρ_0}. Pour ce qui concerne de telles suites nous renvoyons aux beaux travaux de M. Ostrowski.

Considérons une suite n_i telle que $\sqrt[n_i]{M_{n_i}(\rho)} \to \frac{\rho_0}{\rho}$; l'existence de telles suites a été signalée plus haut. *Soient ξ et $\rho_1 < \rho_0 < \rho_2$ des nombres fixes. Dans le quadrilatère limité par L_{ρ_1}, L_{ρ_2}, $V(\varphi)$ et $V(\varphi + \xi)$ le polynome P_{n_i} a un nombre de zéros égal à*

$$n_i \frac{\xi}{2\pi}(1 + \eta)$$

où η tend vers zéro avec $\frac{1}{n_i}$ uniformément par rapport à φ. Par exemple, pour toute série de Taylor dont le rayon de convergence est égal à 1, il y a des suites P_{n_i} dont les zéros ont asymptotiquement la même distribution que celle des polynomes appartenant à la série $1 + x + x^2 + \ldots = \frac{1}{1-x}$. Le théorème précédent rend clair le fait signalé par Jentzsch à savoir que tout point de L_{ρ_0} est un point limite de l'ensemble des zéros des P_n.

En considérant des classes particulières de séries (1), on aura des résul-

tats encore plus précis. Supposons, par exemple, que $f(x)$ ne possède d'autres singularités sur L_{ρ_0} que des pôles. *Si $f(x)$ a m pôles d'ordre k et que les autres pôles sur L_{ρ_0} soient d'ordre inférieur à k, il y a une constante* $B > 0$ *telle que* $|a_n| + |a_{n+1}| + \ldots + |a_{n+m-1}| > B\rho_0^n n^{k-1}$ *pour* $n > n_0$. A l'aide de ce théorème on montrera : *Pour une telle série $f(x)$ on a, pour tout* $\rho < \rho_0$ *et pour tout* $n\ (> n_0)$

$$n - A \leq N(n, \rho) \leq n,$$

$A = A(\rho)$ *désignant une constante.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Détermination des équations $s = f(x, y, z, p, q)$ qui admettent une intégrale intermédiaire du premier ordre et qui sont de la première classe.* Note de M. **R. Gosse**, présentée par M. E. Goursat.

L'étude des équations E de la forme

$$(\mathrm{E}) \qquad s = p\theta(x, y, z, q) + \omega(x, y, z, q)$$

que j'ai réservée dans ma Thèse, montre d'abord que *les équations* E *qui sont de la première classe peuvent toujours se ramener par une transformation de Bäcklund à des équations du premier degré en p et q, sauf peut-être dans le cas où l'équation admet une intégrale intermédiaire du premier ordre.*

Il est d'autre part aisé de démontrer qu'une équation E quelconque de la première classe se ramène par un changement d'inconnue à une équation de même type où, soit θ, soit ω est nul. Il ne reste partant à étudier que les équations

$$(\mathrm{I}) \qquad s = f(x, y, q)$$

et

$$(\mathrm{II}) \qquad s = p\theta(y, z, q).$$

Équation I. — En posant

$$F_1(u) = \frac{\partial u}{\partial x} + f\frac{\partial u}{\partial q}, \qquad F_n(u) = F[F_{n-1}(u)],$$

la condition nécessaire et suffisante pour que l'équation I *admette une involution d'ordre n s'écrit :*

$$(\mathrm{A}) \quad F_{n-1}(f) + X_{n-1}F_{n-2}(f) + \ldots + X_2F_1(f) + X_1f + X_0q + \frac{\partial g}{\partial y}(x, y) = 0.$$

L'équation en involution correspondante est

$$p_n + X_{n-1}p_{n-1} + \ldots + X_1 p_1 + X_0 z + g(x, y) = 0.$$

La condition A est une équation aux dérivées partielles que doit vérifier la fonction f et dont il est aisé d'avoir des solutions.

Ainsi, l'équation

$$q = s - \log(s+1)$$

admet une intégrale intermédiaire du premier ordre et l'invariant $\frac{p_3}{p_2}$.

L'équation

$$s = nx^{n-1}l_n(y, \varphi) + \ldots + 2xl_2(y, \varphi) + l_1(y, \varphi)$$

où φ est une fonction de x, y, q définie par la relation

$$q = x^n l_n(y, \varphi) + \ldots + xl_1(y, \varphi) + l_0(y, \varphi)$$

admet les deux intégrales intermédiaires

$$\varphi(x, y, q) = Y(y), \qquad p_{n+1} = X(x).$$

Équations II. — Elles ne peuvent admettre d'invariant d'ordre supérieur à 3 et *la condition nécessaire et suffisante pour que l'équation* $s = p\theta(y, z, q)$ *admettre un invariant d'ordre* 3 *est que* θ *soit une solution de l'équation*

$$\text{(B)} \qquad \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial\theta}{\partial z} + \theta\frac{\partial\theta}{\partial q}\right) + \theta\frac{\partial}{\partial q}\left(\frac{\partial\theta}{\partial z} + \theta\frac{\partial\theta}{\partial q}\right) + 2\theta a(y, z) + q\frac{\partial a}{\partial z} + \frac{\partial a}{\partial y} = 0$$

qui est une équation de Monge-Ampère à caractéristiques confondues.

L'invariant correspondant est

$$v = \frac{p_3}{p_1} - \frac{3}{2}\frac{p_2^2}{p_1} + p_1^2 a(y, z).$$

Il est alors facile de donner des exemples simples d'équations intégrables. Si l'on cherche les fonctions θ qui ne dépendent pas de z, on retrouve le résultat que j'ai signalé dans une Note précédente (¹). Si l'on prend $a = 0$, on obtient l'équation

$$\frac{s}{p} = 2z\,l(y, \varphi) + m(y, \varphi)$$

où φ est une fonction de y, z, q définie par la relation

$$q = z^2 l(y, \varphi) + zm(y, \varphi) + n(y, \varphi).$$

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 542.

Cette équation admet comme invariants la fonction φ et la fonction φ où l'on a fait $a = 0$.

Pour $l = 0$, on retrouve le résultat obtenu par M. Goursat en supposant que l'équation $s = f(x, y, z, p, q)$ admet un invariant du premier ordre et un du second.

Si l'on ajoute les équations I *qui vérifient la relation* A *et les équations* II *qui vérifient la relation* B *aux équations classées et intégrées par M. Goursat* ([1]), *on obtient ainsi toutes les équations* $s = f(x, y, z, p, q)$ *intégrables par la méthode de Darboux.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les ds^2 réductibles à deux formes de Liouville.* Note de M. **René Lagrange**, présentée par M. Émile Borel.

La recherche des ds^2 de surface, qui admettent deux formes de Liouville distinctes, a été effectuée simultanément par M. Kœnigs, dans un Mémoire couronné par l'Académie des Sciences en 1894, et par M. Ricci ([2]).

Je me propose de montrer ici comment on peut traiter la même question, pour un ds^2 à un nombre quelconque de dimensions, grâce à la remarque simple suivante : Si un ds^2 admet deux formes de Liouville distinctes

$$(1)\qquad \begin{aligned} ds^2 &= [\lambda_1(y_1) + \ldots + \lambda_n(y_n)](dy_1^2 + \ldots + dy_n^2) \\ &\equiv [\varphi_1(x_1) + \ldots + \varphi_n(x_n)](dx_1^2 + \ldots + dx_n^2), \end{aligned}$$

les deux ds^2 euclidiens $\sum_{\alpha=1}^{n} dy_\alpha^2$ et $\sum_{i=1}^{n} dx_i^2$ sont représentables conformément l'un sur l'autre :

$$(2)\qquad dy_1^2 + \ldots + dy_n^2 = \frac{1}{\rho^2}(dx_1^2 + \ldots + dx_n^2),$$

la fonction multiplicatrice étant telle que

$$(3)\qquad \lambda_1(y_1) + \ldots + \lambda_n(y_n) = \rho^2[\varphi_1(x_1) + \ldots + \varphi_n(x_n)].$$

On sait que, en ce qui concerne la représentation conforme, le cas $n = 2$

([1]) Goursat, *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 2e série, t. I, 1899, p. 31-78 (1er Mémoire).

([2]) *Lezioni di geometria differenziale*, 1re Partie, Chap. VI et VII. D'une manière plus générale l'auteur détermine les conditions pour qu'une surface admette une congruence de Liouville.

se distingue essentiellement du cas général. Dans ce cas particulier, $\log \rho$ est une fonction harmonique arbitraire. Les calculs sont assez compliqués, mais diffèrent peu de ceux de M. Ricci.

Bornons-nous donc à l'exposé du cas général $n \geqq 3$. Les valeurs de ρ se réduisent alors, à une homothétie près, soit à $\rho = 1$, soit à $\rho = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n} x_i^2$ (¹).

1° Si $\rho = 1$, (2) et (3) entraînent

$$y_\alpha = \sum_i m_i^\alpha x_i, \tag{2'}$$

$$\sum_\alpha \lambda_\alpha = \sum_i \varphi_i, \tag{3'}$$

les m_i^α étant les éléments constants d'une transformation orthogonale. On en déduit immédiatement que deux au moins des fonctions φ_i doivent être des trinomes du second degré; si $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_r$ sont les seules fonctions de cette nature, (2′) laisse invariantes les variables $x_{r+1}, \ldots, x_n$.

On peut dire qu'un tel ds^2

$$\begin{aligned} ds^2 = \Bigg[a\sum_{i=1}^{r_1} x_i^2 + b\sum_{r_1+1}^{r_2} x_i^2 + \ldots + l\sum_{r_{\alpha-1}}^{r} x_i^2 + a_1 x_1 + \ldots \\ + a_r x_r + \varphi_{r+1}(x_{r+1}) + \ldots + \varphi_n(x_n)\Bigg](dx_1^2 + \ldots + dx_n^2), \end{aligned}$$

admet comme congruences de Liouville celles déduites des congruences x_1, $x_2, \ldots, x_n$ par des rotations quelconques autour des variables $x_{r+1}, \ldots, x_n$.

2° Si $\rho = \frac{1}{2}\Sigma_i^2$, (2) devient

$$y_\alpha = \frac{1}{\rho}\sum_i m_i^\alpha x_i, \tag{2''}$$

les m_i^α ayant la même signification que plus haut, (3) peut être remplacé par les équations

$$\frac{\partial^2}{\partial y_\alpha \, \partial y_\beta}\left(\rho^2 \sum_i \varphi_i\right) = 0 \qquad (\alpha \neq \beta),$$

d'où

$$\begin{aligned} \sum_i m_i^\alpha m_i^\beta \varphi_i'' - \sum_i (m_i^\alpha y_\beta + m_i^\beta y_\alpha)(x_i \varphi_i'' + 3\varphi_i') \\ + y_\alpha y_\beta \sum_i (x_i^2 \varphi_i'' + 6 x_i \varphi_i' + 6\varphi_i) = 0, \end{aligned} \tag{4}$$

(¹) Cf. *Thèse*, Chap. III, p. 39 et 43.

ou encore, en tenant compte de $(2'')$,

$$(4') \qquad M \equiv \left(\sum_i x_i^2\right)^2 \sum_i m_i^\alpha m_i^\beta \varphi_i'' + \ldots = 0.$$

Puisque $n \geqq 3$, on peut considérer trois indices différents i, k, h, et former les dérivées

$$(5) \qquad \frac{1}{8}\frac{\partial^6 M}{\partial x_i^2\,\partial x_k^2\,\partial x_h^2} \equiv m_i^\alpha m_i^\beta \varphi_i^{\text{IV}} + m_k^\alpha m_k^\beta \varphi_k^{\text{IV}} + m_h^\alpha m_h^\beta \varphi_h^{\text{IV}} = 0.$$

Si deux des éléments $m_i^1, m_i^2, \ldots, m_i^n$ ne sont pas nuls, φ_i^{IV} est nécessairement constant. Sinon, on peut supposer $m_i^i = 1$, et l'équation

$$\frac{\partial M}{\partial x_i^2\,\partial x_k\,\partial x_h} = 0,$$

non reproduite ici, exige que φ_i soit de la forme

$$\varphi_i = a x_i^2 + b x_i + c + \frac{d}{x_i^2}.$$

D'une manière générale, on peut donc poser

$$\varphi_i = \sum_s a_{is} x_i^s \qquad (s = 0,\ 1,\ 2,\ 3,\ 4,\ -2).$$

L'homogénéité de $(4')$ exige que chaque groupe de termes $a_{is} x_s^i$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$ de degré s, vérifie séparément cette équation. On obtient ainsi les conditions

$$(6) \qquad \begin{cases} a_{is} m_i^\alpha m_i^\beta = 0, \\ s = -2. \end{cases}$$

Si nous supposons $m_1^1 = m_2^2 = \ldots = m_r = 1$, les m_{r+q}^{r+p} constituant une véritable transformation orthogonale, (6) exige que les φ_{r+p} soient nuls, les $\varphi_i (i \leqq r)$ étant de la forme $\frac{a_i}{x_i^2}$.

En résumé, les seuls ds^2 qui répondent à la question sont

$$ds^2 = \left(\frac{a_1}{x_1^2} + \ldots + \frac{a_r}{x_r^2}\right)(dx_1^2 + \ldots + dx_n^2) \qquad (r \leqq n).$$

On passe de cette forme de Liouville à une autre par une rotation arbitraire autour des variables $x_1, x_2, \ldots, x_r$, suivie de l'inversion $y_i = \frac{x_i}{\rho}$, et ceci à une homothétie et une translation près. Remarquons enfin que la rotation et l'inversion laissent invariante la forme de ce ds^2.

ÉLASTICITÉ. — *Détermination* a priori *des vibrations propres de torsion.* Note de M. **F.-H. van den Dungen**, présentée par M. E. Borel.

1. MM. Blondel et Platrier ont consacré diverses Notes à l'étude des vibrations de torsion; M. Platrier en divisant l'arbre en tronçons rigides reliés par des accouplements élastiques, puis en passant du fini à l'infini; M. Blondel en étudiant l'équation différentielle du phénomène. Nous reprenons dans cette Note ce même problème, en étudiant l'équation intégrale du phénomène, ce qui nous permet de nous placer dans le cas le plus général.

2. Soit un arbre rectiligne mince, homogène ou non, pouvant être formé de tronçons de matières différentes. Désignons par l sa longueur totale et repérons ses sections par l'abscisse x mesurée suivant son axe, à partir d'une extrémité; soient φ_x et M_x, l'angle et le moment de torsion en x; représentons, en cette même section par G_x et I_x, le module d'élasticité transversale et le moment d'inertie polaire, corrigé, s'il le faut, selon Barré de Saint-Venant. On sait que

$$M_x = G_x I_x \varphi'_x,$$

l'accent désignant la dérivation par rapport à x.

Si l'arbre est sollicité par des couples extérieurs, locaux C_h et répartis c_x, on aura

$$M'_x = c_x,$$

tandis qu'en chaque point h, le moment M subira une discontinuité égale à C_h.

En tenant compte de ces discontinuités, on déterminera l'angle de torsion en intégrant l'équation résultante

$$(G_x I_x \varphi'_x)' = c_x; \tag{1}$$

les constantes seront calculées par les conditions aux limites : l'arbre étant fixé *ou* non, on aura φ *ou* M nul en chaque extrémité.

Le travail de torsion est donné par

$$\mathfrak{T} = \frac{1}{2}\int_0^l \frac{M^2}{GI}\,dx = \frac{1}{2}\sum_h C_h \varphi_h + \frac{1}{2}\int_0^l c_x \varphi_x\,dx,$$

le dernier membre s'obtenant, à partir du précédent, par intégration par partie.

3. Comparons deux sollicitations différentes d'un même arbre; il sera facile de vérifier que (théorème de réciprocité)

$$\Sigma C_h \overline{\varphi}_h + \int_0^l c_x \overline{\varphi}_x \, dx = \Sigma \overline{C}_h \varphi_h + \int_0^l \overline{c}_x \varphi_x \, dx,$$

les lettres barrées se rapportant à la seconde sollicitation. Si, par exemple, la seconde sollicitation se réduit à un couple unitaire localisé en x et si α_{xs} mesure l'angle de torsion produit par ce couple en s, on a

$$(2) \qquad \varphi_x = \Sigma \alpha_{xh} C_h + \int_0^l \alpha_{xs} c_s \, ds,$$

équation dont l'interprétation physique est immédiate. Le coefficient α_{xs} sera appelé *coefficient d'influence de torsion*, il est analogue à la fonction de Green associée à l'équation (1); il est aisé de voir que ce coefficient est symétrique et, en outre, comme ϖ, en vertu de (2), est une fonction définie positive des C et c, les coefficients α_{xs} doivent satisfaire à des relations bien connues.

4. Supposons que φ soit une fonction sinusoïdale du temps de période $2\pi\alpha^{-1}$, on aura

$$c_x = j_x \alpha^2 + c_e \qquad \text{et} \qquad C_h = J_h \alpha^2 + C_e$$

c_e et C_e étant des couples répartis et locaux, extérieurs, j_x le moment polaire massique de la section x et J_h celui d'une pièce calée sur l'arbre.

En vertu de ces égalités, l'équation (2) devient une équation intégrale de paramètre α^2. Si les couples extérieurs sont nuls, les vibrations ne sont possibles que si α^2 est racine de la déterminante de Fredholm; lorsque ces couples ne sont pas nuls, il y a résonance si leur période égale celle des vibrations propres.

Toutes les racines de la déterminante sont *positives* et *distinctes;* la déterminante est une fonction de genre zéro, le noyau étant positif (M. Mercer); si elle est de degré infini, il y aura donc une infinité de périodes de vibrations propres.

5. S'il n'y a que des couples locaux ou des couples répartis, on retrouve ainsi, après transformation, les formules de M. Platrier. Si les constantes de l'arbre sont les mêmes en chaque section, dans les cas de sollicitations simples, il sera plus rapide d'intégrer (1), comme l'a fait M. Blondel, pour retrouver la déterminante. Dans les cas complexes, on se servira des méthodes approchées résultant de l'équation intégrale.

6. *Approximativement*, en vertu de la méthode de Græffe, le carré de la plus longue période de vibration propre est égal à la somme des carrés des périodes lorsque les causes agissent une à une; le carré du produit des deux plus longues périodes est égal à la somme des carrés des produits des deux périodes lorsque les causes agissent deux à deux, etc.

7. On peut également se servir des approximations successives : si l'on se donne une torsion φ_{0x} arbitraire, on en déduira les couples résultants, d'où, en vertu de (1) ou (2), une torsion φ_{1x}, et ainsi de suite. Les valeurs des angles φ_0, φ_1, φ_2, ... au droit d'une section permettent de calculer les diverses périodes, comme nous l'avons fait pour les vitesses critiques ([1]).

8. Comme nous l'avons déjà dit ([2]), ces méthodes sont applicables aux oscillations électriques; de même que M. Blondel a comparé à ces oscillations le problème de la torsion, au point de vue de l'équation différentielle.

HYDRAULIQUE. — *Sur la résistance des fluides.*
Note ([3]) de M. G. Grèzes, présentée par M. Brillouin.

La présente Note se rapporte à l'étude expérimentale de l'entraînement des sphères par un courant d'eau dans une conduite cylindrique.

Nos essais ont été effectués en vue de soumettre au contrôle de l'expérience l'expression

$$K = \frac{\Omega}{A}\left[\frac{\frac{\Omega}{A}}{m\left(\frac{\Omega}{A}-1\right)}-1\right]^2$$

de la constante qui figure dans la formule de la résistance

$$R = K\varpi A\,\frac{V^2}{2g},$$

Ω désigne la section du tube, A le grand cercle de la sphère, ϖ la densité du fluide, V sa vitesse et m un coefficient de contraction.

Cette formule donnée dans les traités classiques ([4]) est déduite de la

([1]) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 387.

([2]) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 243.

([3]) Séance du 7 avril 1924.

([4]) Bresse, *Cours de Mécanique appliquée : Hydraulique*, 1860. — Résal, *Traité de Mécanique générale*, 1874. — Collignon, *Cours de Mécanique appliquée : Hydraulique*, 1880. — Flamant, *Hydraulique*, 3e édition, 1909, Chap. X, § 2.

théorie de Poncelet (¹) en admettant, comme l'avait indiqué Borda, que l'élargissement de la veine est accompagné d'une perte de force vive proportionnelle au carré de la perte de vitesse.

Notre appareil était constitué par un tube vertical cylindrique de $0^m,25$ de diamètre et $1^m,20$ de long, terminé par un col de cygne. Il était parcouru par un courant d'eau, fourni par un réservoir de 30^{m^3} de capacité environ, situé à 18^m de haut. Celui-ci était continuellement alimenté par une pompe centrifuge. Le débit réglé à l'aide d'une vanne était mesuré par un appareil de Venturi.

Une sphère métallique était suspendue à mi-hauteur du cylindre, le fil de suspension traversait la paroi, s'enroulait sur deux poulies et supportait un plateau.

On donnait au courant l'intensité voulue et après plusieurs minutes d'attente on chargeait le plateau jusqu'à ce que la sphère s'élève lentement. Il était fait après chaque série d'essais les déterminations nécessaires pour tenir compte des forces de frottement des poulies.

Ce mode expérimental nous a conduit à des résultats réguliers.

En particulier, les expériences effectuées sur une sphère de fonte de 15^{cm} de diamètre, pesant $12^{kg},860$, nous ont donné, pour les vitesses comprises entre 2^m et $3^m,80$ à la seconde des valeurs de la constante K comprises entre 0,85 et 0,90, la précision sur laquelle nous pouvions compter étant de l'ordre de $\frac{1}{20}$.

Avec une sphère de plomb de 20^{cm} de diamètre, pesant $47^{kg},700$, nous avons obtenu pour les vitesses comprises entre 1^m et 2^m à la seconde des valeurs de K comprises entre 4,3 et 4,9, la précision restant du même ordre.

Les coefficients calculés en supposant la contraction nulle, $m = 1$, sont respectivement 0,878 et 4,9. Ces valeurs sont d'accord avec celles que nous a donné l'expérience à la précision de celle-ci.

Des essais effectués sur des sphères de 5^{cm} et de 10^{cm} de diamètre nous avaient montré que, dans ces cas, le mouvement doit être considéré comme s'effectuant dans un milieu indéfini, et nous avaient donné la valeur $K = 0,43$ déjà obtenue par Morin (²). Ce savant ayant étudié le mouve-

(¹) *Essai sur une théorie du choc et de la résistance des fluides indéfinis* dans *Introduction à la Mécanique industrielle physique ou expérimentale*, 3ᵉ édition, Gauthier-Villars, Paris, 1870.

(²) *Notions fondamentales de Mécanique et Données d'expériences*, Hachette et Cie; Paris, 1860, 3ᵉ édition, p. 369.

ment des sphères dans l'eau immobile, tandis que nos expériences ont porté sur des sphères immobiles dans l'eau en mouvement; le bien-fondé expérimental du paradoxe de Dubuat paraît devoir être mis en doute.

Ce n'est qu'avec le mode expérimental décrit que nous avons obtenu les résultats réguliers rapportés. Dans une première série d'expériences nous augmentions le débit jusqu'à ce que la sphère librement suspendue s'élève dans le tube; il n'était pas possible d'attendre qu'un régime permanent se soit établi, et nous avions trouvé des valeurs très différentes pour la résistance. C'est ainsi qu'une sphère d'aluminium de 10^{cm} de diamètre, pesant $1^{kg},486$ avait été entraînée six fois de suite pour une vitesse de $1^{m},64$ à la seconde, n'ayant pas varié de plus de 4^{cm} d'une expérience à l'autre, puis, brusquement, n'avait plus été entraînée, dans trois expériences successives, que pour une vitesse de $2^{m},20$ également constante à 4^{cm} près au cours de ces dernières expériences.

Le détail de nos essais sera publié prochainement dans un autre Recueil.

ASTRONOMIE. — *Observation du passage de Mercure sur le Soleil du 8 mai 1924 faite à l'Observatoire royal de Belgique, à Uccle.* Note de M. **Paul Stroobant.**

L'observation du passage de Mercure a été favorisée à Uccle par un ciel très peu nuageux, mais la faible hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon a nui à la stabilité des images.

Les heures des deux derniers contacts, calculées pour Uccle sont en temps civil de Greenwich : dernier contact intérieur,

$$5^h 36^m 14^s;$$

dernier contact extérieur,

$$5^h 39^m 14^s.$$

1° Équatorial de Cooke-Merz de 38^{cm} d'ouverture, sans écran, verre noir, grossissements 120, 180 et 260. Observateur : M. Stroobant.

Il a été impossible de déterminer l'instant du contact intérieur à cause de la goutte noire qui a été extrêmement marquée et a persisté pendant 35 secondes environ.

Le contact extérieur a été noté à (gross. 180)

$$5^h 38^m 35^s.$$

La planète présentait l'apparence d'un disque circulaire régulier, très sombre, mais montrant, surtout dans la première partie de l'observation (une demi-heure après le lever du Soleil) une coloration spectrale très vive provenant de la dispersion atmo-

sphérique. Aucune particularité n'a été notée relativement à l'aspect de la planète (points ou bandes claires, auréoles, etc.).

M. Delporte a fait usage du grand chercheur de l'équatorial, ouverture 8^{cm}, longueur focale $1^{m},20$, sans écran, grossissement 38, verre noir. Il a obtenu les heures suivantes :

	h m s
Apparition de la goutte noire	5.35.32
Contact intérieur	5.35.53
» extérieur	5.38.49

A $5^h 37^m 27^s$, l'observateur a eu un intant l'impression de voir un filet lumineux délimiter le disque de Mercure en dehors du Soleil.

Cinq clichés ont été pris à l'héliographe.

2° Viseur de l'équatorial photographique Gautier : Ouverture, 20^{cm}; longueur focale, $3^m,62$, verre rouge foncé, mousseline devant l'objectif; grossissement, 150. M. Delvosal a noté les heures ci-dessous :

Contact intérieur	$5^h 35^m 50^s$
» extérieur	$5^h 38^m 42^s$

On n'a pas observé la goutte noire, le disque de la planète était gris foncé uniforme. Au moment de la sortie les images étaient assez nettes, le bord du Soleil légèrement ondulant.

3° Équatorial de Cooke-Steinheil : Ouverture, 16^{cm}; longueur focale, $1^m,90$, ni diaphragme, ni mousseline; grossissement, 90.

Les heures de contact ont été observées par M. Philippot :

Contact intérieur	$5^h 35^m 44^s$
» extérieur	$5^h 38^m 42^s$

Avant le contact intérieur, la goutte noire a été visible durant 6 à 7 secondes.

Des mesures micrométriques du diamètre de Mercure dans divers angles de position, ont été effectuées au nombre de 20 par M. Philippot, et au nombre de 10 par M. Moreau ; la moyenne de ces 30 mesures a donné $9'',72$, ce qui correspond à $5'',44$ à l'unité de distance. L'objectif était recouvert de mousseline et diaphragmé à $9^{cm},5$. Pendant ces mesures, l'image de la planète était fort ondulante, le disque était d'un gris très sombre tandis qu'entre les deux contacts il avait la même couleur que le fond du ciel. A $5^h 30^m$ et à $5^h 33^m$, M. Philippot a remarqué au centre du disque, un point brillant, d'apparence fugitive, qu'il attribue à un effet d'optique.

Aucun autre phénomène n'a été noté par les deux observateurs.

4° Équatorial de M. Grubb-Merz : Ouverture, 16^{cm}; diaphragmé à $9^{cm},5$ mousseline devant l'objectif; grossissement, 120. Observateurs : MM. Bourgeois et Cox.

Le premier a noté les phénomènes suivants :

Disparition du filet lumineux	$5^h 35^m 42^s$
Contact intérieur	$5^h 35^m 48^s$
» extérieur	$5^h 38^m 29^s$

Le disque, gris foncé selon M. Bourgeois, violet foncé selon M. Cox, ne paraissait pas parfaitement circulaire aux moments de plus grande stabilité.

Aucun phénomène particulier n'a été noté.

Cinq clichés ont été pris à l'héliographe monté sur cet équatorial.

5° Lunette azimutale Zeiss : ouverture 8^{cm}, longueur focale $1^m,20$, sans écran, grossissement 96.

M. de Clerck a noté les heures suivantes :

Contact intérieur..................	$5^h 34^m 48^s$
» extérieur..................	$5^h 38^m 29^s$

La planète s'est allongée 5 secondes environ avant le contact intérieur, ce qui a rendu difficile l'estimation de l'instant de ce contact.

ASTRONOMIE. — *Observation du passage de Mercure sur le disque du Soleil, faite à l'Observatoire d'Athènes, avec l'équatorial Gautier* ($0^m,40$). Note de **M. D. Eginitis**, présentée par M. Bigourdan.

Le Soleil s'est levé à Athènes avec Mercure sur son disque. Au moment du lever et pendant toute la durée de l'observation, le ciel est parsemé de très légers cirrus.

Au commencement l'image de la planète est très ondulante et son contour très mal défini; mais elle devient de plus en plus nette à mesure que le Soleil s'élève au-dessus de l'horizon, et un peu avant la fin du passage elle est très bien tranchée.

L'image de Mercure est d'une teinte noire et uniforme depuis le centre jusqu'aux bords; la variation de teinte que j'ai remarquée pendant le passage de 1891 (¹), je ne l'ai vue en aucun moment actuellement. Je ne distingue aucune apparence lumineuse sur le disque de la planète.

Le disque de Mercure est entouré d'une auréole plus lumineuse que les régions avoisinantes du disque solaire et d'une largeur à peu près égale au diamètre de la planète.

L'image de Mercure me paraît parfaitement ronde; pendant toute la durée de l'observation je n'ai pas remarqué d'aplatissement sensible. En pointant l'un des bords de la planète avec un fil mobile et en maintenant l'autre bord tangent au fil fixe du micromètre, on a trouvé les valeurs suivantes des diamètres de Mercure :

Diamètre polaire..........................	11",2	N. de c.	19
Diamètre équatorial........................	11",6	»	5

(¹) *Comptes rendus*, t. 112, 1891, p. 188.

En nous servant d'un chronomètre de temps moyen (Europe orientale) nous avons obtenu les résultats suivants :

Dernier contact intérieur	$7^h 36^m 8^s$
Dernier contact extérieur	$7^h 38^m 51^s$

Les bords du Soleil sont bien ondulants; l'observation du contact extérieur a été faite avec moins de précision que celle du contact intérieur. La planète a complètement et brusquement disparu après le contact extérieur.

ASTRONOMIE. — *Observations du passage de Mercure sur le disque du Soleil.* Note de MM. **Luc Picart**, **Salet** et **Schaumasse**, présentée par M. B. Baillaud.

M. Luc Picart, à l'Observatoire de Bordeaux, a observé par projection sur une feuille de bristol à l'équatorial de $0^m,22$ d'ouverture. Les circonstances atmosphériques lui ont paru très favorables, le bord du soleil étant particulièrement net. Il a cru constater l'existence du ligament noir avant le dernier contact intérieur.

M. Salet, à Paris, s'est servi d'une lunette de $0^m,095$ d'ouverture et de $1^m,50$ de longueur focale. Le phénomène de la goutte noire a produit un contact apparent 16 secondes avant l'observation du dernier contact intérieur.

Le dernier contact extérieur était très mal déterminé à cause de l'ondulation des images.

M. Schaumasse, à l'Observatoire de Nice, a observé à l'équatorial coudé de $0^m,40$ d'ouverture, l'objectif étant diaphragmé à $0^m,10$. Grossissement employé: 125.

Les images étaient très ondulantes.

Le tableau suivant fait connaître les heures des observations en temps moyen de Greenwich le 7 mai 1924. Nous avons mis en regard leurs différences, dans le sens observation moins calcul (O. — C.), avec les prévisions déduites des données et des formules de la *Connaissance des Temps*.

Observateurs.	Dernier contact intérieur. Observations.	O. — C.	Dernier contact extérieur. Observations.	O. — C.
	h m s	s	h m s	s
L. Picart	17.35.32	— 52	17.38.37	— 47
Salet	17.36. 1	— 17	17.38.27	— 50
Schaumasse	17.35.53	— 34	17.38.44	— 43

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Les courants électriques dans les milieux continus en mouvement.* Note de M. **Louis Roy**, présentée par M. L. Lecornu.

Nous avons récemment montré [1] comment l'Électrodynamique de Helmholtz, complétée par Duhem, explique d'une manière très sûre et sans briser la tradition tous les résultats essentiels obtenus par Maxwell pour les milieux en repos. Il était donc tout indiqué, malgré la faveur actuelle des théories électroniques, de chercher à étendre cette Électrodynamique aux milieux en mouvement et d'en comparer les résultats à ceux de Hertz et de M. Lorentz. C'est ce que nous allons tenter. La doctrine de Helmholtz-Duhem, ainsi prolongée, apparaîtra certainement comme un perfectionnement de celle de Hertz, bien qu'elle soit, comme c'était à prévoir, tout aussi impuissante que cette dernière et toutes les autres, à expliquer à la fois l'expérience de Fizeau et celle de M. Michelson, dans le cadre de nos idées traditionnelles.

Considérons un système de corps continus en mouvement par rapport à des axes arbitraires $Oxyz$ et soient, à l'instant t, dS un élément de surface lié à la matière passant par un point $M(x, y, z)$, $Mn(\alpha, \beta, \gamma)$ une demi-normale à dS. On sait que la densité du courant de conduction en M est, par définition, le vecteur (u, v, w) d'origine M, tel qu'on ait

$$(1) \qquad dQ = |u\alpha|\, dS\, dt \quad [2],$$

dQ étant la quantité d'électricité ayant traversé dS dans le sens Mn pendant le temps dt. En écrivant de deux manières la variation, pendant le temps dt, de la quantité d'électricité contenue dans une surface fermée arbitraire tracée à l'intérieur d'un des corps continus et liée à la matière, on obtient l'équation indéfinie de continuité

$$(2) \qquad \left|\frac{\partial u}{\partial x}\right| + \frac{de}{dt} + e\theta = 0, \qquad \text{ou} \qquad \left|\frac{\partial(u + ea)}{\partial x}\right| + \frac{\partial e}{\partial t} = 0,$$

[1] L. Roy, *Sur l'Électrodynamique des milieux homogènes et isotropes en repos* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1229); *L'Électrodynamique des milieux isotropes en repos d'après Helmholtz et Duhem* (*Collection Scientia*, 1 vol. in-8° de 94 pages, Paris 1923).

[2] Le signe $|\,|$ désigne, pour abréger, une somme de trois termes analogues; par exemple, nous représenterons par $\left|\frac{\partial A}{\partial x}\right|$ la divergence du vecteur (A, B, C).

e étant la densité cubique de l'électricité, (a, b, c) la vitesse en M, $\theta = \left|\frac{\partial a}{\partial x}\right|$ la dilatation cubique par unité de temps et $\frac{d}{dt}$ désignant une dérivée totale calculée en suivant la matière dans son mouvement.

Deux corps contigus 1 et 2 pouvant, par hypothèse, glisser l'un sur l'autre sans cesser d'être en contact, les déformations pendant le temps dt de deux de leurs éléments de surface dS_1 et dS_2, en coïncidence à l'instant t, ne seront généralement pas les mêmes. On doit donc écrire la densité superficielle de l'électricité en un point de leur surface séparative $\sigma = \sigma_1 + \sigma_2$ et l'on obtient, comme équation superficielle de continuité,

$$(3) \qquad | u_1\alpha_1 + u_2\alpha_2 | + \frac{d\sigma}{dt} + \sigma_1 \Phi_1 + \sigma_2 \Phi_2 = 0,$$

les cosinus directeurs $\alpha_1, \beta_1, \ldots, \gamma_2$ étant relatifs aux normales intérieures aux corps 1 et 2 et Φ_1, Φ_2 désignant leurs dilatations superficielles par unité de temps.

Si maintenant nous remplaçons dans (1) la quantité Q d'électricité, ayant traversé dS depuis un instant initial quelconque jusqu'à l'instant t, par le flux à travers dS de l'intensité de polarisation diélectrique (A, B, C) au même instant, nous obtenons l'équation de définition de la *densité du courant de polarisation* $(\mathfrak{u}, \mathfrak{v}, \mathfrak{w})$; d'où il résulte que

$$(4) \qquad \mathfrak{u} = \frac{\partial A}{\partial t} + a\left|\frac{\partial A}{\partial x}\right| + \frac{\partial(Ab - Ba)}{\partial y} - \frac{\partial(Ca - Ac)}{\partial z}, \quad \ldots,$$

formules où l'on reconnait les analogues des termes constituant le courant total de Hertz.

Soient, d'autre part,

$$(5) \qquad E = -\left|\frac{\partial A}{\partial x}\right|, \qquad \Sigma = -\,|A\alpha|$$

les densités cubique et superficielle de la distribution fictive équivalente de la polarisation diélectrique de chaque corps continu du système; les équations indéfinie et superficielle de continuité du courant de polarisation sont, d'après (4) et (5),

$$(6) \qquad \left|\frac{\partial \mathfrak{u}}{\partial x}\right| + \frac{dE}{dt} + E\theta = 0, \qquad \text{ou} \qquad \left|\frac{\partial(\mathfrak{u} + Ea)}{\partial x}\right| + \frac{\partial E}{\partial t} = 0,$$

$$(7) \qquad | \mathfrak{u}_1\alpha_1 + \mathfrak{u}_2\alpha_2 | + \frac{d\Sigma}{dt} + \Sigma_1 \Phi_1 + \Sigma_2 \Phi_2 = 0.$$

En comparant (2) à (6), (3) à (7), on voit que le courant de polarisation joue le même rôle par rapport à la distribution fictive équivalente (E, Σ), que le courant de conduction par rapport à la distribution électrique réelle [1] (e, σ) de l'électricité.

D'autre part, l'expérience conduit à admettre qu'un élément dQ de charge électrique, animé d'une vitesse U par rapport au trièdre de référence $Oxyz$, produit, en tout point lié à ce trièdre, les mêmes phénomènes électromagnétiques et électrodynamiques qu'un élément de courant dirigé suivant U, d'intensité I et de longueur ds tels qu'on ait

$$\text{(8)} \qquad I\,ds = U\,dQ.$$

Mais dQ étant égal à $e\,d\varpi$ ou à $\sigma\,dS$, les courants I devront résulter du mouvement des volumes ϖ et des surfaces S électrisés. Comme d'ailleurs on admet, depuis Maxwell, l'équivalence des courants de conduction et de polarisation au point de vue électromagnétique et électrodynamique et que, d'autre part, on passe des premiers aux seconds, en remplaçant la distribution réelle (e, σ) par la distribution fictive (E, Σ), il est vraisemblable d'admettre que la propriété d'équivalence (8) s'applique non seulement aux charges réelles, mais aussi aux charges fictives. En conséquence, la *densité du courant de convection en un point d'un volume électrisé* et relative aux axes $Oxyz$ sera, par définition, le vecteur $(e+E)U$, et la *densité du courant de convection en un point d'une surface électrisée* et relative aux mêmes axes, le vecteur $(\sigma+\Sigma)U$.

La *densité du courant total* relative aux axes $Oxyz$, en un point d'un des corps continus, sera le vecteur $(\mathfrak{u}, \mathfrak{v}, \mathfrak{w})$, tel que

$$\mathfrak{u} = u + \mathrm{u} + (e+E)a, \quad \ldots.$$

Il résulte alors de (2) et (6) que son équation indéfinie de continuité

$$\left|\frac{\partial \mathfrak{u}}{\partial x}\right| + \frac{\partial(e+E)}{\partial t} = 0$$

a la même forme que pour un milieu en repos.

---

(1) Nous disons réelle et non vraie, pour éviter toute confusion avec la terminologie de Hertz.

OPTIQUE. — *Réflexion et réfraction des quanta de lumière.* Note [1] de M. **Léon Brillouin**, présentée par M. M. Brillouin.

1. Einstein [2] a émis le premier l'opinion que la lumière pourrait se composer de projectiles, se mouvant avec la vitesse limite de la relativité. Plusieurs auteurs, utilisant les relations de quanta et la mécanique relativiste, ont montré que l'on pouvait démontrer par cette voie un grand nombre de faits optiques classiques : l'effet Doppler [3] s'obtient aisément; Duane puis Epstein et Ehrenfest [4] ont très élégamment retrouvé toutes les interférences des réseaux de diffraction; L. de Broglie [5] a publié une tentative de théorie générale. Il semble intéressant de poursuivre ces études, et de voir si cette conception serait susceptible d'expliquer toute l'optique. Je donnerai ici un raisonnement très simple qui fournit les lois classiques de réflexion et réfraction.

2. Une des plus anciennes objections à la théorie de l'émission reposait sur la remarque suivante : considérons un projectile qui va d'un point A_1 dans un milieu 1, à un point A_2 situé dans un milieu 2; soient V_1 et V_2 les vitesses de la lumière dans les deux milieux, que nous supposons séparés par une surface plane. Pour trouver la trajectoire réelle, nous appliquons le principe de moindre action (Maupertuis)

$$\delta \int p\,dq = 0, \qquad (1)$$

p étant la quantité de mouvement du projectile et dq un élément de la trajectoire. Celle-ci se compose de deux segments de droite A_1I et IA_2 (de longueurs l_1 et l_2), qui se raccordent en un point I situé sur le plan de réfraction. En mécanique classique, on prend $p = mV$, et la condition (1) s'écrit

$$m\delta(V_1 l_1 + V_2 l_2) = 0. \qquad (2)$$

---

[1] Séance du 12 mai 1924.

[2] A. Einstein, *Phys. Zeits.*, t. 18, 1917, p. 121.

[3] K. Försterling, *Zeits. f. Phys.*, t. 3, 1920, p. 404. — E. Schrödinger, *Phys. Zeits.*, t. 23, 1922, p. 301.

[4] P.-S. Epstein et P. Ehrenfest, *Proc. Nat. Acad. of Sc.*, t. 10, 1924, p. 133.

[5] L. de Broglie, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 630; *Phil. Mag.*, t. 47, 1924, p. 446.

On cherche le point I qui satisfait à cette relation, et l'on trouve que les rayons obéissent, en ce point, à la loi du plan d'incidence et à la loi des sinus; mais cette dernière se présente sous la forme

$$V_1 \sin\theta_1 = V_2 \sin\theta_2 \tag{3}$$

en contradiction avec l'expérience, puisque les vitesses y figurent au lieu de leurs inverses. L'introduction de la mécanique des quanta dans ce raisonnement nous donnera le résultat exact.

3. Considérons un projectile se déplaçant dans le vide, suivant la direction Ox, avec la vitesse c de la lumière. Nous supposerons que son énergie E est finie; la quantité de mouvement s'écrira

$$p_x = \frac{E}{c}. \tag{4}$$

Nous supposerons que ce projectile est associé à un phénomène vibratoire de période τ (fréquence ν) et nous aurons une condition de quantification

$$\int_\tau p_x\,dx = h, \tag{5}$$

avec un seul quantum, si le phénomène vibratoire est purement sinusoïdal. Ceci nous donne

$$\frac{E}{c}c\tau = h, \quad \text{c'est-à-dire} \quad E = h\nu. \tag{5 bis}$$

Supposons maintenant un milieu matériel, dans lequel la vitesse de la lumière soit $V_1 < c$; nous négligerons la dispersion, et supposerons V_1 constant, indépendant de E ou ν; nous sommes d'ailleurs incapables, pour le moment, de nous figurer le mécanisme par lequel le milieu matériel réagit sur le projectile lumineux et modifie sa vitesse. L'énergie cinétique du projectile est toujours $E = h\nu$; pour satisfaire à la relation (5) nous devons poser la quantité de mouvement égale à

$$p_{1x} = \frac{E}{V_1}, \tag{6}$$

ce qui est conforme aux résultats classiques sur les pressions de radiation.

4. Il est alors facile de reprendre le raisonnement du paragraphe 2; le principe de moindre action garde la forme (1) en mécanique relativiste, mais il faut introduire la quantité de mouvement (4) ou (6). L'équation (2)

est alors remplacée par la suivante

$$\text{(7)} \qquad E\delta\left(\frac{l_1}{V_1}+\frac{l_2}{V_2}\right)=0$$

qui conduit à la loi des sinus sous la forme exacte

$$\text{(8)} \qquad \frac{\sin\theta_1}{V_1}=\frac{\sin\theta_2}{V_2}.$$

Un raisonnement identique s'applique au cas de la réflexion.

Nous avons admis qu'il n'y avait pas partage du projectile à la surface de réfraction; on introduirait les pouvoirs réflecteur et transmissif comme coefficients de probabilité pour qu'un projectile soit réfléchi ou réfracté. Nous avons trouvé ici l'identité du principe de moindre action et du principe de Fermat, signalée par L. de Broglie pour la propagation dans le vide.

Quelques remarques sont nécessaires au point de vue des formules (4) et (6) pour les quantités de mouvement. La formule (4) est donnée directement par la relativité : un projectile dont la vitesse peut être nulle a une masse initiale finie; sa masse deviendrait alors infinie si on lui communiquait une vitesse égale à celle de la lumière. Ce qui distingue le quantum de lumière, c'est qu'il ne peut être observé au repos; on ne peut le caractériser par une masse initiale, il se meut toujours avec la vitesse de la lumière, et sa quantité de mouvement est alors donnée par (4). La formule (6) ne s'obtient pas par la relativité, mais a déjà été introduite par divers auteurs ([1]); son interprétation reste à trouver du point de vue quantiste.

SPECTROSCOPIE. — *Études qualitatives sur les spectres d'absorption infrarouges des corps organiques. Isomérie et homologie.* Note de M. **Jean Lecomte**, présentée par M. Cotton.

Dans une Note précédente ([2]), nous avons essayé de caractériser, d'une manière aussi précise que possible, les places des maxima d'absorption observés pour quelques groupements fonctionnels; nous voudrions maintenant examiner l'effet de l'isomérie et de l'homologie.

Isomérie. — Les cas d'isomérie sont fort nombreux, nous nous bornerons à quelques exemples.

([1]) E. Schrödinger, *Phys. Zeits.*, t. 25, 1924, p. 89.

([2]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1530.

1° L'influence de la forme de la chaîne carbonée reste faible : les composés à chaîne ramifiée donnent lieu à des spectres semblables à ceux des isomères à chaîne droite jusqu'à une limite variable. Cette limite est d'environ 10$^{\mu}$ pour les alcools saturés, 9$^{\mu}$ pour les cétones mixtes et 11$^{\mu}$,5 pour les éthers-sels gras.

Exemples : alcools butylique et isobutylique, propylphénylcétone et isopropylphénylcétone; formiates de butyle et d'isobutyle, etc.

2° Les éthers-sels, en particulier, donnent lieu en outre, à une autre isomérie qui provient de la place du groupement CO^2. Les éthers-sels isomères se rattachant à des acides différents ont, au delà de 7$^{\mu}$, des absorptions différentes.

Exemples : Formiate d'amyle $HCO^2.CH^2.CH^3$, propionate de propyle



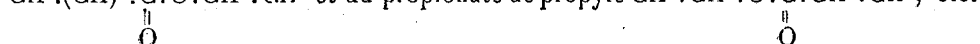
$CH^3.CH^2.CO^2.CH^2.CH^3$,

butyrate d'éthyle $CH^3.CH^2.CO^2.CH^2.CH^3$, valérianate de méthyle



$CH^3.(CH)^3.CO^2.CH^3$, etc.

Même le changement de place d'un seul atome d'oxygène suffit à bouleverser le spectre au delà de 7$^{\mu}$. On le voit mieux en développant les formules du butyrate d'éthyle

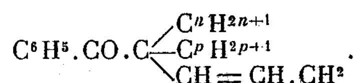


$CH^3.(CH)^2.\underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}}.O.CH^2.CH^3$ et du propionate de propyle $CH^3.CH^2.O.\underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}}.CH^2.CH^3$, etc.

Homologie. — Pour plus de clarté nous distinguerons plusieurs espèces d'homologie :

1° *Fonctions simples :* Homologie dans une même série de corps.

Exemples : La suite des alcools primaires de la série $C^nH^{2n+1}.OH$, les cétones de la forme $C^6H^5.CO.C^nH^{2n+1}$, les allyls-acétophénones



$$C^6H^5.CO.C\begin{cases} C^nH^{2n+1} \\ C^pH^{2p+1} \\ CH = CH.CH^2 \end{cases}.$$

Tous ces dérivés donnent lieu aux mêmes bandes sises en deçà d'une limite variable (entre 7$^{\mu}$ et 10$^{\mu}$) et qui est la même que dans le cas d'isomérie.

Les éthers-sels correspondent au même acide (acides gras et acide benzoïque) et à des alcools différents apparaissant comme très voisins dans leur absorption. Au contraire, si le radical alcoolique reste le même et si l'acide change, des différences notables se présentent dans les spectres au delà de 7$^{\mu}$. En d'autres termes, le passage d'un groupement CH^2 de la partie acide de l'éther-sel à la partie alcool a pour conséquence une variation très appréciable de l'absorption au delà de 7$^{\mu}$. *Exemple :* les formiate, acétate, butyrate, valérianate, et benzoate d'isobutyle montrent au delà

de 7^{μ} des bandes distinctes que l'on retrouve dans les autres formiates, acétates... benzoates.

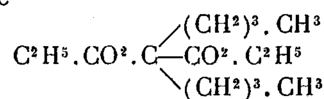
2° *Fonctions multiples.* — *a.* Nous nous bornerons d'abord au cas où la même fonction entre deux fois dans la même molécule.

Si nous modifions la chaîne tout en conservant le même écartement relatif entre les deux fonctions, nous n'observerons que peu de changement dans la localisation des maxima. *Exemples :* malonate de méthyle



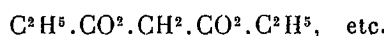
$$CH^3.CO^2.CH^2.CO^2.CH^3,$$

dibutylmalonate d'éthyle



$$C^2H^5.CO^2.C\begin{cases}(CH^2)^3.CH^3\\ CO^2.C^2H^5\\ (CH^2)^3.CH^3\end{cases}$$

malonate d'éthyle



$$C^2H^5.CO^2.CH^2.CO^2.C^2H^5, \quad \text{etc.}$$

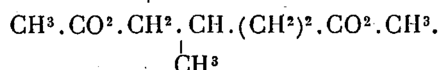
b. Alors que l'introduction de groupements CH^2 aux extrémités de la chaîne ou encore sous forme de ramification, ne se manifeste que très peu dans le spectre, si les changements ont lieu entre les fonctions de manière à faire varier leur écartement relatif, certaines bandes peuvent disparaître (tout au moins devenir trop faibles pour que nous puissions les déceler) ou encore se déplacer, principalement au delà de 7^{μ}.

Exemples : Oxalate d'éthyle $C^2H^5.CO^2.CO^2.C^2H^5$, malonate de méthyle $CH^3.CO^2.CH^2.CO^2.CH^3$, succinate de méthyle



$$CH^3.CO^2.(CH^2)^2.CO^2CH^3,$$

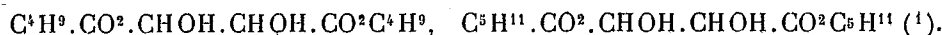
glutarate de méthyle $CH^3.CO^2.(CH)^3CO^2.CH^3$, β-méthyladipate de méthyle



$$CH^3.CO^2.CH^2.\underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{CH}}.(CH^2)^2.CO^2.CH^3.$$

c. Si maintenant deux fonctions entrent deux fois dans le même composé, les changements aux extrémités de la chaîne qui respectent les positions respectives de ces fonctions n'apportent, comme dans le cas déjà envisagé, que peu de différence dans le spectre.

Exemples : Tartrates de butyle et d'amyle



$$C^4H^9.CO^2.CHOH.CHOH.CO^2C^4H^9, \quad C^5H^{11}.CO^2.CHOH.CHOH.CO^2C^5H^{11}\ (^1).$$

---

(1) Il semblerait même que ces conclusions s'étendraient au cas où plusieurs fonctions toutes différentes les unes des autres entreraient dans la composition du corps comme dans les ricinoléates $C^6H^{13}.CHOH.CH = CH.(CH^2)^7CO^2R$.

Nous terminerons cette étude sur les places des maxima d'absorption par quelques considérations théoriques.

1° Les formules de dispersion (Sellmeier, Ketteler-Helmholtz, etc.) permettent, comme on sait, de déterminer la position des bandes d'absorption. *Alors que l'accord entre les valeurs observées et calculées se montre excellent pour le sel gemme, la sylvine, etc., l'application de ces formules de dispersion au cas des corps organiques ne nous fournit aucun des centres d'opacité infrarouges que nous avons déterminés.* Ainsi entre 1^{μ} et 14^{μ} le benzène présente environ dix bandes fortes et l'alcool éthylique environ six bandes fortes alors que la première bande infrarouge pour le benzène devrait apparaître d'après le calcul vers 20^{μ} et pour l'alcool éthylique vers 45^{μ}.

2° La théorie des quanta donne des résultats beaucoup plus concordants avec l'expérience. D'après cette théorie, notre domaine appartiendrait aux spectres d'oscillation et de rotation. Nous venons de voir que dans le cas de l'isomérie et de l'homologie, un changement d'allure très net se manifeste quand on franchit une limite variable comprise entre 7^{μ} et $11^{\mu},5$. Si l'on suppose que les bandes situées au delà se rapportent à des rotations de la molécule, il nous semble que les variations des moments d'inertie pour deux isomères par exemple, ou encore pour les termes successifs d'une série homologue permettent d'expliquer les différences que nous constatons dans cette région spectrale.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre du lithium ionisé.*
Note de M. **Max Morand**, présentée par M. A Cotton.

1. Dans une Communication précédente, j'ai indiqué comment il est possible d'obtenir de nouvelles raies dans le spectre du lithium en étudiant la lumière émise par la tache que les rayons positifs de lithium viennent former quand ils tombent sur la cathode. Les trois raies précédemment indiquées ont été photographiées en projetant l'image de la source sur la fente du spectrographe. Mais on peut utiliser une méthode donnant beaucoup plus de lumière, ce qui permet de photographier des raies plus faibles qui avaient précédemment échappé. Au lieu d'utiliser un spectrographe à fente, il suffit de réaliser le montage dit du prisme objectif, en photographiant directement à travers un prisme la cathode vue de profil. En effet, si l'on a soin d'utiliser une cathode plane et polie, la tache lumineuse qui se forme à sa surface apparaît par la tranche avec une très faible épaisseur, et l'on

photographie ainsi une série de lignes verticales brillantes, identiques aux raies obtenues avec un spectrographe à fente. Comme la source elle-même est utilisée dans l'appareil, on conçoit que le procédé donne beaucoup de lumière.

2. J'ai pu ainsi mettre en évidence plusieurs raies nouvelles situées dans la région visible. Le tableau suivant donne les longueurs d'onde de ces raies. Plusieurs d'entre elles paraissent dues au calcium dont les raies les plus intenses ont déjà été signalées.

λ.	Int.	Remarques.	λ.	Int.	Remarques.
7600	1		4542	1	
7326	1	7326-Ca	4534	1	
5581	0	5582-Ca	4526	0	4527-Ca
5488	2		4501	00	
4910	0		4457	2	4456-Ca
4814	2		4436	2	4435-Ca
4772	1		4320	1	4319-Ca
4678	0		4301	1	4302-Ca
4664	0				

Les raies λλ 5488, 4814, sont assez intenses pour pouvoir être repérées de manière précise au microscope. Les autres raies, plus faibles, ont été pointées directement sur les clichés, à l'œil nu; leur longueur d'onde peut donc être entachée d'une erreur de quelques angströms.

3. La raie λ4678, $\nu = 21380$ paraît être le premier terme de la série de Bergmann du lithium une fois ionisé. On sait, en effet, que le premier terme de cette série est donné par la formule $\nu = 4R\left[\frac{1}{(3+d)^2} - \frac{1}{(4+b)^2}\right]$, dans laquelle d et b sont des constantes petites. Si l'on suppose d'abord d et b nuls, on obtient en première approximation un nombre d'ondes $\nu = 21334$ très voisin de celui de la raie 4678. D'ailleurs, pour avoir la valeur exacte du nombre d'ondes, il faudrait remplacer les constantes d et b par leur valeur et par analogie avec le spectre d'arc de l'hélium, on peut les prendre respectivement de l'ordre de $-0{,}002$ et $-0{,}001$. On trouve alors le nombre 21376 qui concorde bien avec le résultat trouvé. Il se pourrait également que la raie λ4664 appartienne à une autre série de Bergmann du lithium ionisé avec d'autres valeurs des constantes d et b. (cf. § 5).

4. La raie très faible λ4501 dont le nombre d'ondes est voisin de celui donné par la formule $\nu = 9R\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{5^2}\right)$ paraît appartenir au spectre du lithium doublement ionisé (Li^{++}), semblable à celui de l'hydrogène, au fac-

teur 9 près dû à la charge trois fois plus grande du noyau de lithium. Il serait intéressant de mesurer plus exactement la position de cette raie pour déterminer avec précision la valeur de la constante R dans le cas du lithium.

5. En utilisant des plaques sensibilisées à la dicyanine, il a été possible de photographier la région infrarouge jusque vers λ8400 A°, ce qui étend le domaine étudié de λλ2400 A° à 8400 A°. La raie λ8126 A°, premier terme de la série finie du spectre d'arc du lithium, a été facilement obtenue. Une autre raie est apparue aux environs de λ7600 A°. L'appareil employé étant peu dispersif, il n'a malheureusement pas été possible de déterminer sa longueur d'onde de manière précise. Il est fort probable que cette raie correspond, dans le spectre du lithium une seule fois ionisé à la raie λ20582 A° de l'hélium, avec une longueur d'onde environ trois fois plus petite comme on devait s'y attendre. La raie λ7600 serait donc représentée par la formule $2S - 2P$ et correspondrait au premier terme d'une série principale du lithium ionisé. La raie double λ2934, précédemment trouvée et correspondant à la raie double λλ10829 — 10830 de l'hélium, a pour formule $2s - 2p$ et représente le premier terme d'une autre série principale du spectre du lithium ionisé. Par analogie avec le cas de l'hélium qui présente ainsi deux spectres complètement séparés, on peut dire que la raie λ2934 appartient au spectre de l'ortholithium ionisé où les deux électrons sont dans un état anormal avec des orbites coplanaires; tandis que la raie 7600 appartient au spectre du paralithium ionisé, où les deux électrons sont dans l'état le plus stable avec des orbites croisées.

Les considérations suivantes semblent confirmer l'explication de ces deux raies.

Sommerfeld a démontré qu'entre les constantes p, d, b,... du spectre d'un atome ionisé et les constantes p^*, d^*, b^*, du spectre d'arc de l'élément précédant l'atome considéré sur la même ligne du tableau de Mendeleff, on doit avoir une relation simple de la forme

$$k = 2k^*$$

et cette relation s'est trouvée généralement conforme à l'expérience. Dans le cas du lithium, l'élément précédent, l'hélium, a pour constantes :

$$P\,(\text{parahélium}) = +\,0{,}015$$
$$p\,(\text{orthohélium}) = -\,0{,}07$$

Si l'on tient compte des relations précédentes, on trouve pour le niveau $1S$ une énergie correspondant à 64,7 volts, $\nu = 524000$ et pour $2s$,

19,9 volts, $\nu = 160800$. Or la différence $1S - 2s = 44,8$ volts, qui représentent le potentiel de transformation du paralithium en ortholithium, est précisément égale à la différence de potentiel minimum sous laquelle il faut lancer des électrons pour qu'ils puissent exciter la raie $\lambda 2934$ dans de la vapeur de lithium. Mohler a en effet constaté que cette raie n'apparaissait pas au-dessous de 45 volts([1]). Si l'attribution des raies trouvées est exacte, le principe du déplacement spectroscopique trouve une nouvelle confirmation dans le cas du lithium et de l'hélium. Le potentiel d'ionisation du lithium déjà ionisé une fois semble donc voisin de 65 volts. Ce chiffre est en bon accord avec le résultat trouvé par Mohler: la raie 2934 qui apparaît à 45 volts ne prend son intensité maximum que pour un potentiel de l'ordre de 60 volts.

Quant aux raies $\lambda\lambda 4678, 4664$, elles pourraient être chacune le premier terme de la série de Bergmann du para et de l'ortholithium, les constantes b et d étant différentes dans les deux cas.

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Sur un nouveau phénomène optique : Interférences par diffusion.* Note M. **F. Wolfers**, présentée par M. A. Cotton.

Dans deux Notes antérieures ([2]) j'ai étudié un phénomène nouveau dû à l'action des bords d'un écran sur la propagation des rayons X. Ce phénomène ne peut être interprété ni comme une diffraction, ni comme une simple réflexion dans le sens ordinaire de ces mots. Je vais décrire des faits que j'ai observés avec les radiations visibles; ces faits présentent certaines analogies avec les précédents et s'y rattachent peut-être.

1. Connaissant la figure de diffraction d'un bord mince rectiligne, parallèle à une fente fine, il est facile de prévoir, par intégration, ce qu'il adviendra *si la fente s'élargit :* Seul le premier maximum de diffraction reste bien net; il se trouve toujours au delà de la pénombre, dans la région de pleine lumière. L'intensité devrait croître régulièrement à travers toute la pénombre jusqu'à ce maximum. Tout ceci résulte aussi bien de la théorie classique que des théories rigoureuses comme celle de Sommerfeld. Si l'écran mince est remplacé par un cylindre, on sait que rien d'essentiel n'est changé ([3]). L'expérience vérifie bien ces conclusions quant à la position du maximum, d'où un moyen de calculer la limite vraie de l'ombre géométrique.

([1]) Mohler, *Science*, t. 58, décembre 1923, p. 468.

([2]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1385, et t. 177, 1923, p. 32.

([3]) Lord Rayleigh, *Phil. Mag.*, t. 37, 1918. — Basu, *Phil. Mag.*, t. 35, 1918, p. 79. — Debye, *Phys. Zeits.*, t. 9, 1908, p. 775.

2. A mesure que la fente s'élargit, le maximum en s'écartant laisse apparaître un nouveau phénomène, beaucoup moins intense, qui est habituellement masqué : Vue sur un négatif *l'ombre géométrique est bordée extérieurement d'une frange claire* (minimum d'intensité) suivie d'une *frange sombre très nette*, puis d'un *deuxième minimum*. On voit parfois ainsi dans la pénombre jusqu'à trois franges claires successives. L'observation peut se faire avec un oculaire assez puissant, ou par projection sur des plaques sensibles à grain fin.

3. La microphotométrie pourra seule donner des résultats précis. En attendant j'ai pu établir de la façon suivante des lois de première approximation :

L'écran est une bille sphérique ; la source est une fente fine horizontale éclairée à travers un verre dépoli ; on peut se servir aussi d'une portion de filament incandescent. Aux bouts du diamètre vertical de la projection de la bille on trouve les franges de diffraction ordinaires, dont l'étude peut servir de contrôle. Sur le diamètre horizontal on observe le phénomène nouveau, ainsi que le maximum de diffraction ordinaire, rejeté plus loin hors de la pénombre. Si le temps de pose est bien choisi, le deuxième minimum se présente de chaque côté comme une ligne assez nette pour être pointée au microscope ; je prends comme variable sa distance x au bord de l'ombre géométrique. Voici les principaux résultats :

a. Le phénomème est *indépendant de la nature de l'écran* (ceci reste à vérifier pour le cas de la réflexion totale), de son poli et de sa courbure ; il est le même pour un cylindre, une arête vive, un bord en papier noir mat, etc. — Des champs électriques ou magnétiques intenses sont sans action.

b. La lumière qui constitue les maxima n'est pas polarisée ; si la lumière incidente est polarisée, celle qui vient du bord l'est aussi et de la même manière, sans que rien ne soit changé.

c. *x ne dépend pas de la largeur de la source*. — Soient a et b les distances de l'écran à la source et à la plaque, on peut donc toujours prendre une fente telle que l'on ne soit pas gêné par la diffraction, et faire varier a et b dans de larges limites.

d. Soit π l'expression $\sqrt{\frac{2\lambda b(a+b)}{a}}$: *le rapport* $\frac{x}{\pi}$ *est constant.*

Les mesures ont été faites surtout en lumière ultraviolette filtrée par un verre de Wood épais ($\lambda = 0^{\mu},365$) et avec la raie verte du mercure ($\lambda = 0^{\mu},546$). Ces mesures sont laborieuses et le rôle de la longueur d'onde nécessite de nouvelles recherches.

Cependant plus de 40 mesures ont donné pour $\frac{x}{\pi}$ la valeur moyenne 1,075; les plus grands écarts sont de l'ordre de 10 pour 100 et ne dépassent pas 3 pour 100 pour 24 mesures.

Théorie. — La seule interprétation qui semble se présenter à l'heure actuelle suppose des *interférences* entre la lumière directe (et diffractée) d'une part, et de la lumière qui serait *diffusée par des résonateurs sur le bord de l'écran*. Si l'on fait le calcul en ne faisant intervenir que le bord de la source qui correspond à la limite de l'ombre géométrique, et en admettant un retard de phase $\frac{\pi}{2}$ pour les rayons diffusés, on trouve $\frac{x}{\pi} = 1,118$, en bon accord avec l'expérience.

Reste à expliquer comment, tous les points de la source agissant à la fois, le phénomène ne s'efface pas par superposition. Peut-être serait-il possible d'y parvenir à l'aide d'hypothèses appropriées sur le mécanisme de la diffusion, hypothèses où les notions de quanta devraient intervenir.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur les rayons* γ, *de très haute fréquence, émis par le radium.* Note de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. M. de Broglie.

Il paraît hors de doute que la conversion de rayons γ en rayons β obéit à la même relation de quantum que celle des rayons X en rayons corpusculaires. Ellis ([1]) a pu expliquer par ce processus une partie du spectre β naturel du radium, l'énergie de l'électron émis étant égale à celle du rayon γ excitateur, diminuée de l'énergie nécessaire pour arracher l'électron à l'atome.

L'étude des spectres de rayons β secondaires obtenus en faisant agir les rayons γ à étudier sur un élément lourd constituera donc une méthode générale de mesure des longueurs d'onde de ces rayons.

1. Divers perfectionnements à la méthode de déviation magnétique utilisée par de Broglie ([2]) m'ont permis d'enregistrer photographiquement les radiations β secondaires de grande vitesse.

La source de rayonnement γ était une préparation de bromure de radium contenue dans un mince tube de verre, lui-même entouré d'un tube radia-

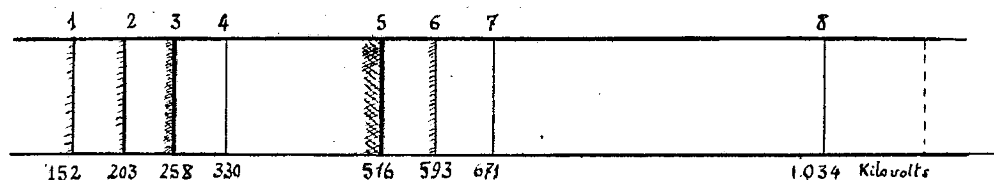
---

([1]) *Proc. Roy. Soc.*, A, t. 99, 1921, p. 261; t. 101, 1922, p. 1.

([2]) De Broglie et Cabrera, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 295.

teur secondaire en plomb épais, afin d'avoir la certitude d'arrêter le spectre β naturel de la substance.

Dans ces conditions, on obtient assez rapidement un spectre ayant l'aspect suivant :



Les intensités et les énergies des différentes raies sont contenues dans le Tableau I : les premières confirment les valeurs données précédemment par Ellis (¹), de Broglie et Cabrera (¹); les autres, d'énergie double, sont nouvelles.

TABLEAU I.

Attribution.	Intensité.	Vitesse $\beta = \frac{v}{c}$.	Energie observée en kilovolts.	
1........	assez forte	0,635	152	données par Ellis pour le Ra B
2........	forte	0,698	203	
3........	très forte	0,748	258	
4........	faible	0,795	330	De Broglie et Cabrera
5........	très forte	0,868	516	
6........	assez forte	0,887	593	
7........	moyenne	0,903	671	
8........	faible	0,946	1,034	

2. L'emploi, comme élément radiateur, d'un isotope du corps radioactif (²) à étudier, doit fournir un spectre identique au spectre naturel émis, si le processus photo-électrique se conserve.

La comparaison du Tableau II, correspondant au spectre naturel du radium donné par Rutherford et Robinson (³) au Tableau I, montre l'identité du *spectre excité photo-électriquement et du spectre naturel.*

(¹) *Loc. cit.*

(²) Le plomb est l'isotope du Ra B. Des commodités d'expériences me l'ont imposé au lieu du bismuth, isotope du Ra C. La variation des énergies de niveaux de l'un à l'autre est d'ailleurs de l'ordre des erreurs d'expérience.

(³) *Phil. Mag.*, vol. 26, 1913. p. 717.

TABLEAU II.

Attribution.	Intensité.	Vitesse.	Énergie (kilovolts).	Origine.	Énergie du rayon γ (kilovolts).	
D........	très forte	0,635	152			
C........	très forte	0,700	204	Spectre naturel du Ra B		
B........	très forte	0,751	261			
A........	assez forte	0,797	333			
K........	forte	0,868	516	K	607	Spectre naturel du Ra C
H........	assez forte	0,887	594	L		
....	assez faible	0,903	674			
G........	assez forte	0,946	1031	K	1123	
G′........	faible	0,949	1107	L		
F........	moyenne	0,952	1149	K	1241	
F′........			1224	L		
E........	assez forte	0,961	1328	K	1420	
D........	moyenne	0,964	1409	L		
C........	moyenne	0,972	1671	K	1763	
B........	assez faible	0,974	1751	L		

Le processus photo-électrique se conserve donc pour les radiations de très haute fréquence et l'on peut prolonger jusqu'aux rayons β de vitesses supérieures l'hypothèse attribuant le spectre naturel à un effet secondaire des rayons γ.

Si un même rayon γ, de fréquence ν, excite dans l'atome de radium les niveaux K et L (les plus actifs) il donnera naissance à des radiations corpusculaires de fréquences respectives $\nu - \nu_K$ et $\nu - \nu_L$ et d'énergies

$$\varpi_1 = h(\nu - \nu_K) \qquad \text{et} \qquad \varpi_2 = h(\nu - \nu_L).$$

La différence de ces énergies sera $h(\nu_K - \nu_L)$ ou 76000 volts pour le radium C.

Les rayons B et C, D et E, F′ et F, G′ et G, H et K du spectre naturel (Tableau II) présentent une telle différence d'énergie.

On peut penser dès lors que les radiations C, E, F, G, K sont dues à l'excitation du niveau K de l'atome radioactif par des rayons γ ayant respectivement pour quantum celui de la radiation β augmenté du quantum K (92000 volts pour le radium C), c'est-à-dire

1763 1420 1241 1123 607 kilovolts

(ce dernier prévu par Ellis, de Broglie et Cabrera).

Ces mêmes radiations γ, agissant sur un autre atome que celui du radium, doivent exciter les radiations corpusculaires correspondant à celles du

spectre naturel. C'est ce que montre le spectre du plomb, tout au moins pour les raies K, H, G (raies 5, 6, 8 du Tableau I) auxquelles correspondraient des rayons γ de

605000 et 1123000 volts.

Ces résultats ont été confirmés en utilisant des radiateurs de platine et d'uranium.

Enfin, s'il faut admettre, avec Ellis, une structure de niveaux à l'intérieur du noyau radioactif et appliquer le principe de combinaison aux rayons γ, mes résultats indiquent les valeurs considérables à attribuer aux sauts électroniques intranucléaires (dépassant de beaucoup le million de volts).

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Perméabilité de la résine synthétique aux radiations infrarouges.* Note de M. **Georges Kimpflin**, présentée par M. Jules Breton.

L'importance prise récemment par l'intervalle infrarouge dans les applications scientifiques et médicales (système de signalisation secrète Charbonneau à l'usage de la marine et de l'aviation, préservation des dermites causées par les rayons X et le radium), nous a incité à rechercher si quelque matériau nouveau ne s'introduirait pas avantageusement dans la construction des sélecteurs de ces radiations.

On sait, d'une manière générale, que le verre absorbe l'infrarouge et qu'on a recours à des prismes de chlorure de sodium pour étudier la dispersion de ce rayonnement.

Certaines substances, comme l'iode en dissolution dans le sulfure de carbone, comme l'ébonite, opaques aux radiations de la partie visible du spectre, ont la propriété de se laisser traverser, au moins dans une certaine mesure, par les ondes de grande longueur. Cependant, si cette perméabilité est accusée pour les ondes électriques, la quantité d'infrarouge filtrant dans ces conditions n'est pas très considérable. Sous une épaisseur de 5^{mm}, par exemple, une plaque d'ébonite n'en laisse pas passer plus de 3 pour 100.

Autrement efficace à ce point de vue, s'est montré le filtre à infrarouge imaginé par M. Albert Charbonneau, constitué en principe par un verre obscurci dans sa masse au moyen de divers produits et, notamment, soit d'oxyde de manganèse, soit de protoxyde de cuivre. Avec ce filtre, la quantité d'énergie filtrée, dans l'intervalle compris entre 5^{μ} et $0^{\mu},5$, varie

avec la longueur d'onde ; elle atteint 35 pour 100 dans la raie correspondant à $2^{\mu},5$.

C'est en somme un verre *chargé*. Mais une substance moins cassante et plus perméable à l'infrarouge ne constituerait-elle pas un support de charge d'un meilleur rendement ?

En nous inspirant de cette idée, nous avons examiné de quelle manière se comporte à ce point de vue la résine synthétique obtenue par condensation du phénol sous l'action de l'aldéhyde formique suivant la méthode de Baekeland (1).

Polymérisé par une action prolongée de la chaleur, le produit de cette réaction constitue une matière dure, infusible, insoluble, relativement peu cassante à l'état pur et dont la résistance mécanique peut être considérablement accrue par l'introduction de charges minérales ou organiques.

Des plaques, ayant uniformément 5^{mm} d'épaisseur, les unes en produit pur, les autres additionnées de charges variées, interceptent une source lumineuse intense.

Le faisceau émergent est reçu sur un couple thermo-électrique ultra sensible, relié à un galvanomètre gradué en unités E. Celles-ci étant définies par le fait que chacune d'elles représente, pour une longueur d'onde de $2^{\mu},5$, les 85 pour 100 d'une bougie étalon.

Des expériences instituées dans ces conditions, il résulte :

1° Que la transparence à l'infrarouge varie suivant que le produit est pur ou chargé ; et, lorsqu'il est chargé, avec la nature et la proportion de la charge ;

2° Que la transparence est en raison inverse de l'épaisseur traversée.

Voici pour l'épaisseur de 5^{mm} quelques chiffres relevés :

Nature du produit.	Transparence à l'infrarouge.
Bakélite pure	35 pour 100
Bakélite chargée au fer colloïdal (par addition avant polymérisation de 2 pour 1000 de chlorure ferrique)	34 »
Bakélite chargée de 10 pour 100 de bioxyde de manganèse	6,7 »
Papier bakélisé	17 »

Ces premiers résultats nous ont paru assez intéressants pour mériter d'être consignés. Ils montrent, en effet :

(1) Dr L.-H. Baekeland : Communication à l'American Chemical Society (section de New-York), 5 février 1909.

1° Que la résine synthétique a une perméabilité très satisfaisante à l'infrarouge; qu'elle peut, par suite, convenir comme filtre pour certaines applications de ces radiations;

2° Que cette perméabilité pourra être accrue en réduisant l'épaisseur de la lame et en compensant la moindre résistance qui en résulterait par l'introduction d'une charge convenablement choisie introduite en quantité minime;

3° Qu'un papier bakelisé présente, toutes conditions égales, une transparence 5,5 fois supérieure à celle d'une lame d'ébonite.

Il est donc à présumer qu'une étude plus poussée de la question conduira à des réalisations industrielles d'un réel intérêt, en même temps que la science pure y gagnera peut-être un matériel nouveau pour une exploration plus complète de cet intervalle.

RADIOACTIVITÉ. — *Influence des rayons X sur les oxydases leucocytaires.* Note [1] de MM. **P. Lemay**, **C. Guilbert**, **R. Petit** et **L. Jaloustre**, transmise par M. Daniel Berthelot.

Nous nous sommes proposés de chercher quelle pouvait être l'action des rayons X sur les oxydases leucocytaires, suite logique de nos précédentes recherches sur la catalase du foie [2] [3].

Pour cela, nous nous sommes procuré des polynucléaires en injectant du sérum de cheval dans le péritoine d'un cobaye. Vingt-quatre heures après, on injecte à nouveau du sérum physiologique pour diluer et on retire la totalité du liquide. On a ainsi une émulsion leucocytaire à polynucléaires, qu'on répartit aussitôt dans des tubes.

Nous avons pris quatre tubes. Le n° 1 a servi de témoin et les trois autres ont été irradiés avec une ampoule Müller à gaz, de régime 180000 volts, filtre de zinc $\frac{5}{10}$ de millimètre, à une distance de 25^{cm}, respectivement pendant 10, 21, 42 minutes, ce qui correspond à des intensités d'irradiation de 25, 50, 100 de la dose d'érythème.

---

(1) Séance du 12 mai 1924.

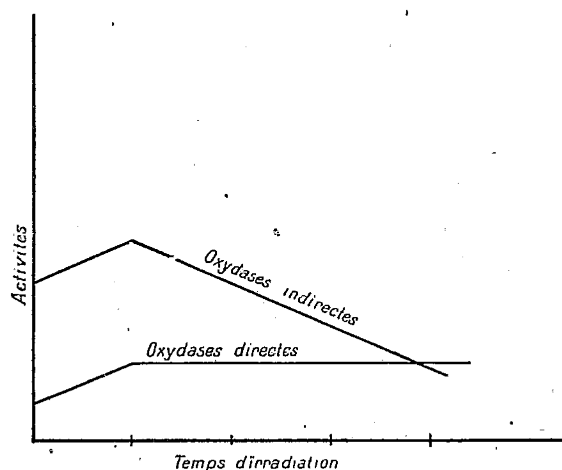
(2) Maubert, Jaloustre et Lemay, *Influence du thorium X sur la catalase du foie* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1502).

(3) Maubert, Jaloustre, Lemay et Guilbert, *Influence des rayons X sur la catalase du foie* (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 889).

Si l'on représente, comme l'a fait Fiessinger, les quantités de granulations observées par la graduation +, ++, +++, ++++, voici les résultats que nous avons obtenus :

	Temps.	Oxydases directes.	Oxydases indirectes.
Témoin....................	o'	+	+++
Témoin....................	10	++	+++
Irradié....................	»	++	++++
Témoin....................	21	++	+++
Irradié....................	»	++	+++
Témoin....................	42	++	+++
Irradié....................	»	++	++

L'action semble nulle sur les oxydases directes, tandis qu'avec les oxydases indirectes on a une activation avec de faibles doses et une paralysie avec de fortes doses.



Avec les oxydases indirectes, on obtient un résultat analogue à celui que l'on obtient par l'action des substances radioactives ou des rayons X. Toutefois, avec la catalase, il n'avait pas été constaté d'activation par les faibles doses de rayons X.

Les oxydases directes semblent prendre une activité plus grande, vite stabilisée, au contact de l'air.

Les techniques de coloration exécutées ont été les suivantes : pour les oxydases directes, celle de M. Fiessinger et Pierre Mathieu au naphtol α et paraphénylènediamine; pour les oxydases indirectes celle de M. Fiessinger

et Roudowka [*Les ferments des leucocytes* (Masson, 1923), de M. Noël Fiessinger] à la benzidine.

On s'étonnera peut-être que nous ayons mesuré l'activité des ferments par le nombre des granulations. Mais si l'on veut envisager que les granulations oxydasiques correspondent, dans leur place et dans leur forme aux granulations normales des leucocytes, on est fondé à penser que ces granulations sont le siège des oxydases et que, dans certaines, celles-ci sont trop peu actives pour donner une coloration; et que, dans d'autres, elles ne donnent également pas de coloration parce qu'épuisées ou paralysées.

Si l'on examine les leucocytes, après avoir laissé les tubes 6 heures en repos, à la température du laboratoire (15°), on constate que les oxydases ont diffusé dans tout le protoplasme qui se colore à peu près uniformément et avec la même intensité.

Il faut en conclure qu'aux doses d'irradiation employées, les ferments ont été paralysés et non détruits. En examinant les tableaux de notre précédente communication sur l'action des rayons X sur la catalase du foie, on peut déjà faire la même constatation.

Cette paralysie momentanée pourrait peut-être expliquer certaines des divergences de résultats suivant les auteurs, selon qu'ils ont mesuré l'activité des ferments immédiatement après un certain temps.

La constatation que les oxydases directes semblent n'être pas influencées, s'explique par le fait qu'elles sont beaucoup plus stables et résistantes que les oxydases indirectes.

RADIOACTIVITÉ. — *Entraînement du polonium, en solution sodique, par divers corps.* Note [1] de M. **J. Escher-Desrivières**, présentée par M. G. Urbain.

L'entraînement d'une substance radioactive dissoute, par une phase solide constituée à l'intérieur de la solution, dépend de la composition de la phase liquide. Ce résultat, qui se dégage de l'étude antérieure de l'entraînement du polonium en solution sodique par l'hydrate de bismuth [2], a été confirmé. Le milieu était le même; l'entraîneur choisi a été successivement l'hydrate ferrique et le charbon animal.

L'emploi du charbon animal comme matière adsorbante a suggéré une

---

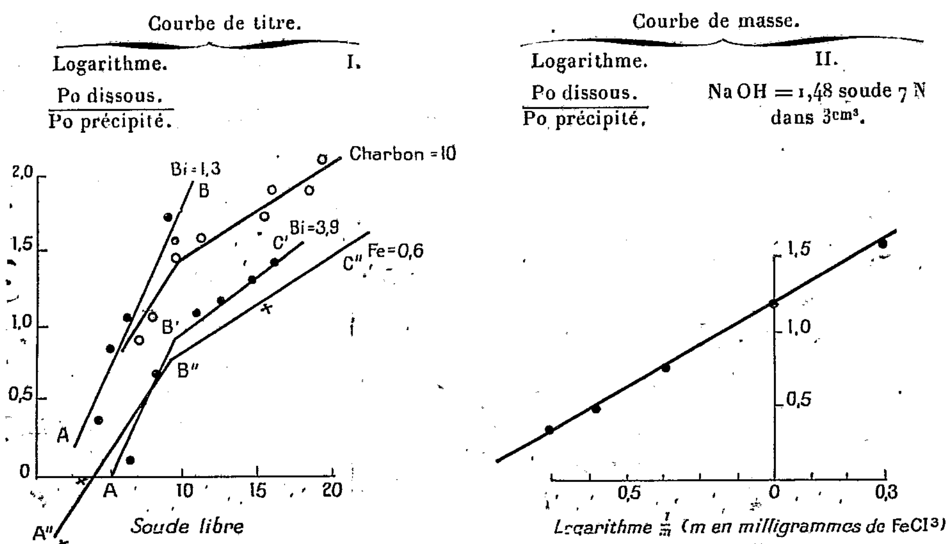
[1] Séance du 12 mai 1924.

[2] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 172.

remarque accessoire. Les échantillons de charbon utilisés étaient purifiés au préalable par ébullition dans HCl. Le pouvoir adsorbant de ces échantillons variait considérablement, dans les conditions de l'expérience, avec le traitement préliminaire plus ou moins prolongé qu'ils avaient subi.

Ebler et von Rhyn (¹) pensent avoir prouvé que le pouvoir adsorbant du charbon animal vis-à-vis de l'uranium X_1 est dû principalement au carbonate et au phosphate de calcium qu'il contient. Le corps entraîneur ne serait donc pas chimiquement inerte vis-à-vis des éléments du système.

Le résultat essentiel qui se dégage de nos expériences est le suivant : étant donnée une solution sodique de polonium, l'entraînement du polonium par un hydroxyde insoluble et son adsorption par un échantillon donné de charbon animal sont liés, pour une masse donnée d'entraîneur, au nombre de molécules de soude contenues dans un volume donné du mélange; les lois qui expriment cette dépendance sont d'ailleurs semblables. Il est possible de s'en rendre compte en examinant les courbes ci-dessous, relatives à 3^{cm^3} de mélange et à une masse d'entraîneur déter-



minée; elles ont été construites en portant en abscisse le nombre n de dixièmes de centimètre cube de soude 7-normale contenus dans le mélange, et en ordonnées les logarithmes du rapport X de la quantité de polonium dissous à la quantité de polonium entraîné. Dans le graphique quelques

(¹) Ebler et von Rhyn, *Ber. der Chem. Gesell.*, t. 54, 1921, p. 2903.

points de repère seulement ont été indiqués, les tableaux de nombres complets devant être ultérieurement publiés. Les courbes se composent, dans chaque cas, de deux portions pratiquement rectilignes, telles que

$$A'B' - B'C', \quad A''B'' - B''C'',$$

qui se rejoignent en un point d'ordonnée variable, mais d'abscisse fixe (n voisin de 9). L'angle que font entre eux les deux segments relatifs à un même cas est sensiblement constant; le rapport $\frac{\alpha'}{\alpha}$ des coefficients angulaires est voisin de 0,4. Les segments AB et A'B' relatifs à deux quantités d'hydroxyde de bismuth différentes [$Bi(OH)^3 = 1,3$ et $Bi(OH)^3 = 3,9$], sont parallèles.

Nous avons cherché à exprimer ce résultat par une formule empirique faisant intervenir le titre de la solution et la masse m de l'entraîneur. Pour se rendre compte de l'influence de m on a étudié l'entraînement du polonium par l'hydrate ferrique, le titre de la solution étant fixé. Le graphique II exprime les résultats obtenus : en abscisses sont portés les logarithmes de $\frac{1}{m}$, et en ordonnées les logarithmes de X. Les points se groupent pratiquement suivant une droite. Il est donc possible de représenter l'entraînement du polonium en solution sodique par un précipité chimique ou une matière adsorbante peu solubles dans le réactif, au moyen de la formule

$$X = \frac{a}{m^k} e^{\alpha n},$$

où k est une constante à déterminer, a une autre constante dépendant du choix des unités. L'exposant α dépend de la nature de l'entraîneur; il prend deux valeurs différentes, α pour $n < 9$ et $\alpha' = 0,4\alpha$ pour $n > 9$.

Si la discontinuité que comporte cette formule pour $n = 9$ est réelle, elle peut correspondre à un changement dans la nature de l'ion ou du complexe dans lequel se trouve engagé le polonium.

Une étude complémentaire a montré qu'en solution faiblement alcaline (soude décinormale), le polonium est entraîné totalement par des traces de matière. De plus, en ce cas, l'élément actif se dépose toujours très rapidement sur les parois du récipient qui contient la solution. Le polonium dans une solution concentrée de soude reste au contraire en solution. Ce résultat confirme l'opinion de plusieurs auteurs, à savoir que, dans une solution faiblement alcaline, le polonium est fixé aux agrégats colloïdaux que cette solution peut contenir.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur des relations entre la concentration atomique et des constantes mécaniques thermiques et optiques des éléments.* Note de M. **P. Lasareff**, présentée par M. M. de Broglie.

Nous supposons qu'un des plans de coordonnées (ζ, η) est formé par la surface plane d'un corps solide élémentaire amorphe, dont les molécules de différentes grandeurs sont monoatomiques. La perpendiculaire à l'origine des coordonnées présente un troisième axe ξ le long duquel se déplace un atome M, dont la position à l'état de repos correspond à l'origine des coordonnées. Soient x le déplacement de M et ξ, η et ζ les coordonnées d'un autre atome S, situé à l'intérieur du corps.

Si la force qui agit entre les atomes dépend seulement de leur distance mutuelle $r = \sqrt{(\xi + x)^2 + \eta^2 + \zeta^2}$, nous obtiendrons pour la composante suivant l'axe ξ l'expression suivante :

$$(1) \qquad F = N \iiint F\left[\sqrt{(\xi + x)^2 + \eta^2 + \zeta^2}\right] \frac{\xi + x}{\sqrt{(\xi + x)^2 + \eta^2 + \zeta^2}}\, d\xi\, d\eta\, d\zeta,$$

N étant le nombre des atomes dans l'unité de volume (concentration atomique) et l'intégrale triple étant étendue au volume de la sphère de l'attraction atomique.

Si la loi de l'attraction est identique pour tous les éléments, l'intégrale triple est une fonction définie de $x f(x)$ qui s'annule quand $x = 0$ et $x > \rho$, ρ étant un rayon de la sphère d'action. Par conséquent,

$$(2) \qquad F = N f(x).$$

Si x est infiniment petit, nous avons

$$(3) \qquad F = -N a^2 x,$$

a^2 étant une constante.

I. *Module d'élasticité.* — Si le corps cylindrique à section circulaire σ et de longueur l est soumis à l'action d'une force P, qui provoque une élongation λ de l nous recevrons le module d'élasticité E en écrivant

$$E = k \frac{Pl}{\lambda \sigma},$$

k étant une constante.

Si nous prenons l égale à la distance de deux séries de molécules disposées

sur les plans parallèles à la surface du corps nous avons

$$l=\frac{1}{N^{\frac{1}{3}}},\qquad P=N^{\frac{5}{3}}\sigma a^2 x,\qquad \lambda=x$$

et par conséquent

$$E=ka^2N^{\frac{4}{3}}.$$

E doit donc être proportionnelle à $N^{\frac{4}{3}}$.

On voit cette relation dans le Tableau I; $N=\frac{D}{A}$, A étant le poids atomique (¹).

TABLEAU I.

	Pb.	Ag.	Zn.	Cu.	Al.	Cd.	Au.	Sn.
$N^{\frac{4}{3}}$ 1,6.10².	3,32	7,16	8,29	11,7	7,39	5,23	7,22	3,86
E.10⁻³...	1,5-1,7	6,0-8,0	8,0-13,0	10,0-13,0	6,3-7,3	5,0-7,0	7,0-9,5	4,0-5,5

II. *Chaleur latente de la fusion.* — Si la température du corps est zéro absolu, nous avons pour la chaleur latente atomique Q_0 l'expression suivante :

$$Q_0=\int_0^{\infty}F\,dx=N\int_0^{\infty}f(x)\,dx=b^2N,$$

b^2 étant une constante.

Cette relation doit être approximativement remplie aux températures plus élevées.

TABLEAU II.

	Pb.	Tl.	P.	Cd.	Ga.	Ag.	Zn.	Cu
N.20................	1,10	1,16	1,18-1,42	1,54	1,70	1,95	2,18	2,80
Q....................	1,11-1,34	1,47	1,47-1,56	1,54	1,33	2,28	1,84	2,74

Pt, Pd ainsi que Fe donnent des déviations très grandes.

III. *La fréquence infrarouge.* — L'équation différentielle du mouvement de l'atome M s'écrit de la manière suivante :

$$A\frac{d^2x}{dt^2}=-a^2Nx.$$

Nous obtiendrons $x=\beta\cos\left(a\sqrt{\frac{N}{A}}t+\eta\right)$, β et η étant des constantes;

(¹) On trouve toutes les constantes physiques indiquées dans ce travail dans : LANDOLT-BÖRNSTEIN, *Physikalisch-Chemische Tabellen*, Vierte Auflage, Berlin, 1912.

le nombre des vibrations ν de l'atome est donc égal à

$$\nu = \frac{\alpha}{2\pi}\sqrt{\frac{N}{A}}.$$

TABLEAU III.

	Pb.	Ag.	Zn.	Cu.	Al.
$\nu.10^{-12}$ d'après Nernst...	1,44	3,3	3,6	4,9	6,0
$10^2\sqrt{\frac{N}{A}} = \sqrt{\frac{D}{A^2}}.10^2$...	1,63	3,00	4,08	4,70	6,06

Ce résultat a été obtenu par M. Benedicks.

IV. *Les changements des corps amorphes en corps cristallins.* — Les distances des atomes dans les cristaux sont d'ordre 10^{-8} cm. Les atomes ont donc les électrons placés sur les premières orbites de Bohr. Dans les corps amorphes ainsi que dans les liquides, les atomes ont des grandeurs différentes.

a. Si nous caractérisons par l'indice a les constantes des corps amorphes et par l'indice c celle des cristaux, nous avons pour le même élément

$$N_c > N_a, \quad \text{d'où} \quad AN_c > AN_a.$$

Nous voyons donc que la densité des corps cristallins est plus grande que celle des corps amorphes.

b. Comme les recherches de M. Benedicks et nos recherches l'ont montré, la dureté H augmente quand N croît. Nous obtiendrons donc immédiatement

$$H_c > H_a.$$

c. Si le corps amorphe se transforme en corps cristallin, tous les atomes doivent obtenir une même grandeur et les électrons doivent sauter des orbites plus éloignées aux orbites plus proches du noyau. La radiation émise par les électrons sautants provoque l'échauffement du corps et, par suite, toute transformation des corps amorphes en corps cristallins produit un effet thermique positif.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de la potasse sur l'iodure mercurique.* Note de M. **H. Pélabon**.

Une solution aqueuse de potasse de concentration inférieure à $0^{mol},3$ par litre n'agit pas sur l'iodure mercurique à la température de 15°. Avec les

solutions plus concentrées, la réaction est limitée et l'équilibre exige pour s'établir un temps d'autant plus court que la concentration est plus forte.

1° Si cette concentration reste comprise entre les limites $0^{mol},3$ et $1^{mol},5$ par litre, l'équilibre n'est atteint qu'après plusieurs jours et encore faut-il agiter constamment. Dans le cas particulièrement simple où l'iodure est en excès, la masse d'oxyde mercurique précipité dans un même volume de solution alcaline, augmente avec la concentration de celle-ci; l'iodure de potassium libéré s'unit à une quantité suffisante d'iodure mercurique pour former l'iodomercurate $HgI^2.2KI$. La concentration de la potasse non combinée et la concentration de l'iodomercurate satisfont à la relation

$$C^2_{KOH} = KC_{HgI^2.2KI}.$$

2° Le phénomène se complique avec les solutions de potasse de concentrations comprises entre $1^{mol},5$ et 7^{mol} par litre. Si la masse M d'iodure employée dépasse une certaine limite m (variable du reste avec la concentration de la potasse), il se produit à la longue un corps blanc volumineux qui renferme en proportions variables de l'oxyde et de l'iodure mercurique. Nous prendrons comme exemple le cas d'une solution binormale de potasse agissant sur des masses variables d'iodure. A 20^{cm^3} de solution on ajoute une masse M d'iodure mercurique précipité; les deux corps sont introduits dans des tubes de verre que l'on ferme à la lampe et que l'on agite ensuite mécaniquement. Quand l'équilibre est établi on analyse séparément le liquide et le solide. Comme on connaît dans chaque cas les masses des corps traités, il suffit d'indiquer les nombres que donne l'analyse de la partie solide.

Je désignerai par A la fraction de M transformée en oxyde; par B la fraction de la même masse qui s'est fixée sur l'oxyde; le reste C représentera la quantité d'iodure de mercure qui s'est dissoute pour donner un iodomercurate. Ces fractions étant exprimées en centièmes, on aura toujours

$$A + B + C = 100.$$

En employant 20^{cm^3} de la solution binormale, soit $0^{mol},04$, on a trouvé :

Valeurs de M en molécules.	A.	B.	C.
0,001	91	0	0
0,002	63	0	37
0,003 (limite m)	45	0	55
0,003 (limite m)	26	59	15
0,0055	24	62	14
0,011	17	66	17
0,017	13	68	19
0,022	9	71	20

La combinaison de l'iodure et de l'oxyde, pour une même valeur de M voisine de la limite m peut se produire ou non; dans les deux cas les nombres obtenus sont très différents. Le tableau précédent montre que si la réaction se borne à la production d'oxyde, la fraction A diminue très rapidement quand M croît. Dès que, pour une valeur suffisante de M, l'iodure s'unit à l'oxyde, A diminue beaucoup moins rapidement; B, qui de suite prend une valeur notable, croît au contraire faiblement avec M.

La solution binormale permet comme on le voit d'obtenir des corps très riches en iodure mercurique puisque B peut devenir égal à 5 ou 6 fois A. Ces corps sont parfaitement blancs.

Des recherches du même genre ont été poursuivies en utilisant des solutions alcalines plus concentrées; la limite m prend une valeur plus faible quand la concentration augmente et à partir de la liqueur 5^{mol} par litre, il ne se produit plus que des oxyiodures; ceux-ci sont d'autant plus riches en oxyde que la concentration de la potasse est plus forte. La portion solide, qui était d'un blanc pur avec la liqueur binormale, jaunit de plus en plus. Les solutions dont la concentration est voisine de 7^{mol} donnent le corps le plus riche en oxyde et le plus coloré. Il est remarquable que dans ces conditions on a $A = 2B$. Il est possible que l'on ait affaire au composé défini $HgI^2.2HgO$ analogue aux corps de même composition qui existent certainement quand HgI^2 est remplacé par $HgCl^2$ ou $HgBr^2$.

3° Les solutions dont la concentration dépasse 7^{mol} produisent de nouveau des solides blancs dont la teneur en iodure croît. Pour nous rendre compte de l'influence de la concentration de l'alcali, nous avons fait agir sur une même masse d'iodure mercurique des volumes égaux de solutions de plus en plus concentrées. La lettre k désignant la concentration de la potasse (nombre de molécules par litre), nous avons construit les courbes $A = f(k)$, $B = f(k)$.

Pour $M = 0^{mol},01$, nous avons constaté que l'ordonnée A croît d'abord lentement avec k; à partir de $k = 5^{mol}$ l'accroissement est plus rapide. La courbe présente une inflexion pour $k = 7^{mol}$ environ; un maximum est observé pour k voisin de $11^{mol},5$; après cela, A diminue rapidement pour redevenir constant et égal à 31 quand la potasse forme la solution saturante.

La seconde courbe montre que l'ordonnée B diminue d'abord lentement, puis très rapidement; passe par un minimum pour la valeur de k relative à l'inflexion de la courbe précédente; enfin B augmente jusqu'à limite 65 qu'on observe si la solution alcaline est saturée. La courbe $C = f(k)$ se déduit des deux précédentes, son ordonnée est maxima pour $k = 7^{mol}$

environ et finalement elle s'annule pour $k = 11^{mol},5$. Les solutions de concentrations supérieures à cette limite ne donnent plus d'iodomercurates; on ne trouve plus la moindre trace d'iodure mercurique en solution.

En donnant à M des valeurs plus grandes on obtient des courbes analogues déplacées légèrement dans la direction des valeurs croissantes de k. Dans tous les cas l'ordonnée minima de B correspond toujours à l'inflexion de A; en ce point on a toujours $A = 2B$. Cette constatation est en faveur de l'existence du composé $HgI^2.2HgO$. La solution saturante de potasse donne toujours un corps de composition : $2HgI^2.HgO$, tandis que les solutions les plus étendues donnent un mixte de composition voisine de $6HgI^2.HgO$.

Je ferai remarquer en terminant que tous les corps blancs ou jaunâtres que nous avons obtenus au cours de ces recherches sont très sensibles à la lumière qui les noircit rapidement; le liquide dans lequel ils se produisent empêche cette action.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle forme de fenchonoxime. Caractérisation de la fenchone en présence du camphre.* Note de M. **Marcel Delépine**, présentée par M. A. Haller.

En hydratant les térébenthènes dans certaines conditions décrites par Bouchardat et ses collaborateurs, on obtient des mélanges de bornéols et de fenchols de pouvoirs rotatoires en rapport avec l'essence primitive. Bouchardat et Lafont, tenant à identifier rigoureusement les fenchols avec les alcools de ce nom issus de l'hydrogénation des fenchones naturelles, s'astreignirent à les isoler en nature, ce qui demanda un travail considérable.

Ayant, pour des raisons qui seront exposées par la suite, repris les expériences de Bouchardat et obtenu également des mélanges de bornéol et de fenchol, j'ai pensé que l'on prouverait aussi bien la présence de ce dernier, en portant la caractérisation sur la fenchone qui résulte de son oxydation. Il était en même temps intéressant de pouvoir exécuter cette caractérisation en présence du camphre provenant de l'oxydation du bornéol non séparé du fenchol.

La transformation en oximes était tout indiquée. En effet (en supposant qu'on parte d'un carbure dextrogyre) les divers termes qui nous intéressent ont les propriétés suivantes :

Camphre...	$F = 175°$	$[\alpha]_D = +44°$	Fenchone...	$F = 8°$	$[\alpha]_D = +69°,5$
Oxime....	$F = 118°$	$[\alpha]_D = -41°,4$	Oxime.....	$F = 165°$	$[\alpha]_D = +47°$

Ce seraient naturellement des pouvoirs rotatoires inverses qu'on aurait avec un point de départ lévogyre. De plus, la fenchonoxime est notablement moins soluble que la camphoroxime; enfin, celle-ci possède un caractère acide bien plus prononcé que celui de la fenchonoxime.

L'application de ces propriétés a montré que des mélanges à poids égaux des deux oximes dans 5-7 fois leur poids d'alcool bouillant laissaient déposer la moitié de la fenchonoxime en cristaux ayant $[\alpha]_D = + 45°$; l'addition de potasse et d'eau aux alcools mères en sépare de nouveaux cristaux ayant $[\alpha]_D = + 47°$ et l'acidulation de la liqueur alcaline par l'acide acétique fournit de la camphoroxime ayant $[\alpha]_D = - 40°$.

Ces expériences furent faites avec des oximes laissées par Bouchardat. Or, en voulant me procurer de nouvelle *d*-fenchonoxime, d'après un procédé indiqué par Rimini (¹), je fus surpris d'obtenir une fenchonoxime fusible à 123°, de pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = + 129°,3$.

Ce procédé est le suivant : on chauffe à reflux 70ᵍ de fenchone, 300ᵍ d'alcool ordinaire, 140ᵍ de soude en bâtons et 50ᵍ de chlorhyd. d'hydroxylamine; après 2 heures, nouvelle charge de 25ᵍ de ce dernier sel et nouveau chauffage de 2 heures; on répète encore une fois cette addition suivie de chauffage. On peut d'ailleurs faire les additions en quantités différentes et chauffer plus longtemps sans inconvénient.

La nouvelle fenchonoxime que je propose d'appeler β est beaucoup plus soluble que l'ancienne forme qu'il convient alors d'appeler fenchonoxime α. Son existence a pu échapper à Rimini qui n'en prit pas le pouvoir rotatoire et trouva le point de fusion 165°; peut-être avait-il soumis son oxime à des purifications qui en avaient entraîné la transformation en la forme α?

La formation de l'oxime β est attribuable à l'alcalinité du milieu générateur. J'ai répété les deux préparations indiquées par Wallach (²) : dans l'une, à froid, j'ai obtenu une oxime, ayant $[\alpha]_D = - 96°$ (avec de la *l*-fenchone); dans l'autre, à chaud (*l*-fenchone, 100; alcool, 400; ClH, NH^3O, 80; eau 130; HOK, 50) j'ai eu deux récoltes importantes de *l*-fenchonoxime α, de pouvoir rotatoire − 47°; toutefois les eaux mères laissèrent séparer un mélange d'α et de β, ayant $[\alpha]_D = - 79°$. Dans cette dernière expérience, la réaction terminée, les liqueurs étaient neutres à la phtaléine et de faible alcalinité à l'hélianthine : elles ne contenaient pas de potasse libre comme dans la préparation effectuée selon Rimini.

L'existence de deux isomères de pouvoirs rotatoires différents relève des mêmes causes que celle des deux isomères si fréquemment observée chez de

(¹) E. Rimini, *Gazz. chim. ital.*, t. 26, II, 1896, p. 502.
(²) O. Wallach, *Ann. Chem.* t. 263, 1891, p. 129; *Ibid.*, t. 272, 1893, p. 174.

nombreuses oximes dépourvues d'activité optique; elle a, cependant, été peu fréquemment signalée. On a donc six fenchonoximes : deux droites α et β, deux gauches α et β, deux racémiques α et β. Chacune d'elles engendre des benzoyl et carbanil-fenchonoximes distinctes.

Une fenchonoxime α chauffée avec de la soude ou de la potasse alcoolique ne se transforme pas en oxime β; par contre, celle-ci se transforme en α de plusieurs façons : chauffage de quelques minutes à 170-180°; évaporation à sec de sa solution alcoolique, chauffage de la solution alcoolique acidifiée par l'acide chlorhydrique ou l'acide acétique; plus simplement encore, conservation prolongée de la solution alcoolique : l'activité optique s'abaisse et, si la solution est assez concentrée, il s'en sépare des cristaux moins solubles d'oxime α. Solides, des échantillons de fenchonoxime β avaient encore la même activité optique après dix-huit mois.

L'acide chlorhydrique fait passer le pouvoir rotatoire de la forme β de 129° à 170° (en solution alcoolique) probablement en formant un sel; l'acide acétique le modifie à peine. L'acide chlorhydrique étendu dissout la fenchonoxime β et la laisse reprécipiter par l'ammoniaque, sans que le pouvoir rotatoire soit sensiblement modifié ; ce qui permet, au besoin, de la séparer de la fenchone dans des réactions incomplètes.

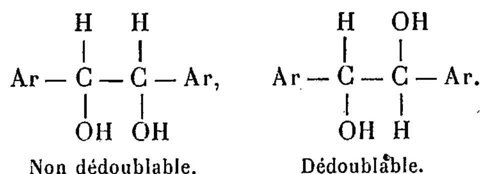
Si l'on transforme un mélange de camphre et de fenchone en oximes, selon la méthode de Rimini, on sépare la fenchonoxime β de la camphoroxime en diluant après la réaction ; la camphoroxime reste dans la liqueur alcaline. Si la fenchonoxime β n'est pas pure, on la redissout dans de l'alcool en présence d'alcali et la reprécipite par dilution. En fait, des mélanges tels que : 11^g de *d*-fenchone + 3^g de *d*-camphre ; 3^g de *d*-fenchone + 11^g de *d*-camphre ; 7^g de *l*-fenchone + 7^g de *d*-camphre, ont pu fournir des *d*- ou *l*-fenchonoximes, avec $[\alpha]_D$ supérieur à 115°. On peut compléter la caractérisation en isomérisant les fenchonoximes β en α ; elles prennent alors un pouvoir rotatoire voisin de 45°.

En résumé, il existe pour chaque fenchonoxime un isomère de celles déjà connues et il est relativement aisé de caractériser de la fenchone en présence de camphre.

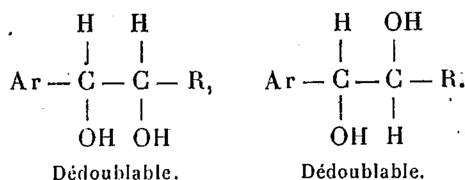
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'isomérie stérique des α-glycols trisubstitués et sur l'obtention des deux isomères stériques en intervertissant l'ordre d'introduction des radicaux substituants.* Note de M. **M. Tiffeneau** et de Mlle **J. Lévy**, présentée par M. Haller.

On connaît d'assez nombreux cas d'isomérie stérique dans le groupe des α-glycols disubstitués linéaires (¹) du type R — CHOH — CHOH — R'. Ces cas peuvent se classer en deux séries, suivant que les radicaux substituants R et R' sont identiques ou différents.

A la première série appartiennent l'hydrobenzoïne et l'hydroanisoïne (²). Chacun de ces glycols fournit deux stéréo-isomères dont un seul est dédoublable en inverses optiques :



A la seconde série appartiennent le phénylméthylglycol (³), l'anisylméthylglycol (⁴), le phénylanisylglycol (⁵), etc., qui fournissent chacun deux stéréo-isomères théoriquement dédoublables :



On n'avait point signalé jusqu'à présent d'isomérie analogue dans le

(¹) Nous n'envisageons pas ici les glycols disubstitués dont la fonction glycol fait partie d'une chaîne fermée et dont le cyclohexanediol est le type. L'isomérie de ces glycols a fait l'objet d'importants travaux de la part de M. Böseken et de ses élèves.

(²) Rossel, *Lieb. Ann.*, t. 151, 1869, p. 40. — Samosadsky, *Zeitschr. f. Chem.*, t. 4, 1868, p. 643.

(³) Zincke, *D. ch. Ges.*, t. 43, 1910, p. 849.

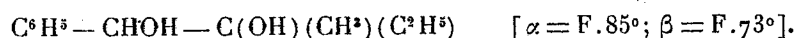
(⁴) Baldiano, *Atti R. Acad. dei Lincei Roma*, 5e série, t. 16, 1907, p. 477.

(⁵) Orékhoff et Tiffeneau, *Bull. Soc. Ch.*, t. 33, 1923, p. 525. Les deux isomères ont été récemment isolés.

groupe des α-glycols trisubstitués $R'' - CHOH - C(OH)RR'$. Nous en avons observé trois cas qui sont particulièrement typiques, autant par l'originalité du fait que par les conditions curieuses dans lesquelles se forment, dans chaque cas, les deux stéréoisomères puisqu'il suffit, pour les obtenir, d'intervertir l'ordre d'introduction des radicaux R et R'.

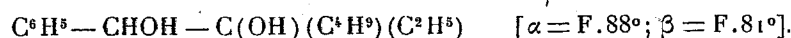
Les trois glycols qui présentent cette isomérie sont les suivants :

Phénylméthyléthylglycol :



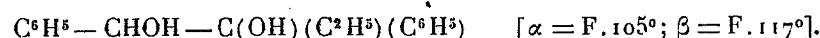
$$C^6H^5 - CHOH - C(OH)(CH^3)(C^2H^5) \qquad [\alpha = F.85^\circ;\ \beta = F.73^\circ].$$

Phényléthylbutylglycol :



$$C^6H^5 - CHOH - C(OH)(C^4H^9)(C^2H^5) \qquad [\alpha = F.88^\circ;\ \beta = F.81^\circ].$$

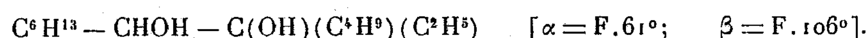
Éthylhydrobenzoïne [1] :



$$C^6H^5 - CHOH - C(OH)(C^2H^5)(C^6H^5) \qquad [\alpha = F.105^\circ;\ \beta = F.117^\circ].$$

M. Nicolle, qui étudie actuellement les glycols trisubstitués acycliques, nous en a apporté un nouvel exemple :

Ethyl-5-dodécane-diol-5.6



$$C^6H^{13} - CHOH - C(OH)(C^4H^9)(C^2H^5) \qquad [\alpha = F.61^\circ; \qquad \beta = F.106^\circ].$$

Tous ces glycols ont été obtenus, les uns (dérivés α), en faisant agir les organomagnésiens BrMgR' sur les alcools cétoniques



$$C^6H^5 - CHOH - CO - R,$$

ou $C^6H^{13} - CHOH - CO - R$, les autres (dérivés β), par action des organomagnésiens BrMgR sur les alcools cétoniques



$$C^6H^5 - CHOH - CO - R',$$

ou $C^6H^{13} - CHOH - CO - R'$. Arbitrairement nous avons désigné par la lettre α les isomères dans lesquels le radical R fixé sur l'alcool cétonique initial est plus petit que le radical R' introduit par l'organomagnésien, et, par la lettre β, les autres isomères [2].

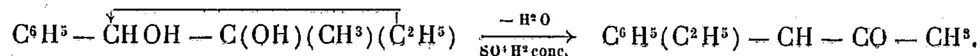
Chacun des deux isomères fournit le même produit de déshydratation par l'acide sulfurique. C'est ainsi que les deux phénylméthyléthylglycols α et β, déshydratés par l'acide sulfurique concentré, conduisent par *trans-*

---

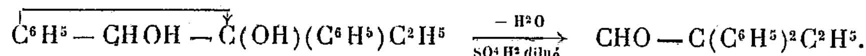
(1) Chacune des deux éthylhydrobenzoïnes fournit un dérivé acétonique distinct.

(2) Il est possible que chaque glycol soit accompagné de petites quantités de son stéréoisomère mais nous n'avons pu, dans aucun cas, les isoler.

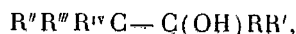
position semi-pinacolique à la même phényléthylacétone.



De même les deux éthylhydrobenzoïnes α et β, traitées par l'acide sulfurique dilué, donnent, par transposition semi-hydrobenzoïnique, la même diphényléthylacétaldéhyde.



L'isomérie de ces divers glycols se trouve donc établie avec certitude et il ne reste plus qu'à expliquer le mécanisme si curieux de leur formation. C'est, en effet, la première fois, croyons-nous, que l'on signale l'obtention de deux stéréoisomères par simple interversion dans l'ordre d'introduction des radicaux. Cette formation qui, dans les cas étudiés par nous, est exclusive nous paraît incontestablement liée à la nature asymétrique du carbone de la fonction alcool dans l'alcool cétonique initial. Nous nous proposons de le démontrer, non seulement en préparant des glycols dans lesquels ce carbone ne serait pas asymétrique, mais encore en étudiant de nouvelles séries, notamment dans le groupe des alcools tertiaires



pour lesquels il sera possible d'intervertir l'ordre d'introduction des radicaux R et R'.

MINÉRALOGIE. — *Sur une pseudomorphose de la curite.* Note de M. **W. Vernadsky** et Mlle **C. Chamié**.

La genèse des minerais radioactifs du Congo belge est presque inconnue. Et cependant les composés, décrits par A. Schœp [1] contenant du plomb, présentent un intérêt exceptionnel, car ils contiennent exclusivement du plomb uranique comme le démontrent les déterminations indépendantes du poids atomique [2].

---

[1] A. Schœp, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1186, 1476; t. 174, 1922, p. 623, 875, 1066, 1240; t. 176, 1923, p. 171. — *Bull. Soc. minér. de Fr.*, t. 46, 1923, p. 11. — *Bull. Soc. Chim. Belg.*, t. 32, 1923, p. 275.

[2] O. Hönigschmid und L. Birkenbach, *Ber. Deutsch. Chem. Ges.*, B. 56, 1923, p. 1838. — T. Richards and P. Putzeys, *Journ. of Amer. Chem. Soc.*, t. 45, 1923, p. 2594.

Nous avons trouvé dans la collection des minéraux radioactifs du Laboratoire Curie plusieurs échantillons, qui sont intéressants au point de vue de la genèse de ces minéraux plombifères.

On peut constater que les masses compactes de curite d'une belle couleur orangée sont formées de cristaux cubiques, en assemblages plus ou moins parallèles. Ces cristaux sont quelquefois bien développés dans de petites géodes. Les faces et les angles des cubes (jusqu'à $0^{cm},5$ et plus) sont généralement nets; quelquefois les faces sont un peu courbes. Ces masses et ces cristaux paraissent opaques — mais sont formés d'une matière cristalline très homogène, où l'on peut toujours distinguer au microscope de petits cristaux prismatiques, très biréfringents, avec une extinction parallèle en lumière polarisée.

En étudiant attentivement les échantillons, on peut constater que la masse compacte entière du minerai est formée par ces assemblages cubiques. A la surface des cristaux on peut quelquefois distinguer une mince pellicule plus rouge (massicotite?). La curite compacte est donc *une pseudomorphose.*

La constitution chimique de la curite n'est jusqu'à présent pas complètement connue. A. Schœp ([1]) lui attribue la formule $2PbO.5HO^3.4HO^2$.

La couleur orangée du minéral indique de même une composition particulière de ce composé uranique. Les minéraux uraniques qui se forment dans les conditions de la biosphère sont généralement jaunes (ou jaune verdâtre), si leur couleur provient d'oxydes d'urane. Les composés uraniques brun rouge ne se produisent que dans des conditions de températures élevées et dans un milieu exempt d'oxygène libre.

On pourrait penser que la couleur orangé rouge provient du plomb qui devrait exister dans les conditions de réactions chimiques des corps radioactifs à l'état de la plus haute oxydation; les plombates (par exemple massicotite) sont rouges.

Les essais que nous avons faits indiquent que la curite (ainsi que la pechblende brute du Congo) dégage du chlore libre par l'action de l'acide chlorhydrique concentré ([2]). Le plomb y existe donc à l'état de PbO^2.

On doit donc considérer la curite comme un plombate hydraté d'uranyle (si l'uranium existe à cet état, comme on l'admet généralement).

Les pseudomorphoses cubiques indiquent que le minéral initial, qui a donné lieu à la formation de la curite était une pechblende, riche

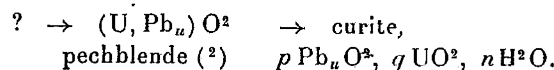
---

([1]) A. Schœp, *loc. cit.*, t. **173**, 1921, p. 1186.

([2]) La décoloration de l'indigo; le dégagement de l'iode de la solution du KI.

en PbO^2 — ce qui d'ailleurs correspond à l'analyse de M. A. Schœp ([1]).

On peut représenter le processus de la formation de la curite par le schéma suivant



La pechblende ne se rencontre jamais à l'état de minéral vadose; les divers minéraux, qui sont réunis sous ce nom, se trouvent dans les filons pegmatiques ou sont les résultats des réactions hydrothermales.

Mais le caractère spécial du plomb de ces gisements indique que la pechblende même doit y être un minéral secondaire, qui a rassemblé le plomb, formé bien avant sa formation. C'est un plomb qui s'est certainement formé par la désintégration des atomes de l'uranium, mais cette désintégration ne pouvait avoir lieu dans la pechblende, car la quantité du plomb y est trop grande.

Dans l'hypothèse d'une transformation de UO^2 en PbO^2 dans le minéral même, l'âge du minéral dépasserait tous les chiffres admissibles.

C'est pour la première fois que sont rencontrés des minéraux d'un isotope pur et il serait très important d'étudier sur place — au Congo — les conditions de leur formation.

Vu les conditions uniques de ce gisement et le caractère toujours superficiel des nombreux minéraux secondaires uraniques qui s'y trouvent, il est nécessaire de faire des recherches de suite, avant que le gisement ne soit épuisé. Il serait fâcheux de détruire, pour exploitation, sans examen attentif, des produits qui, peut-être, ne se retrouveront jamais.

Les pseudomorphoses de la pechblende plombique (avec plomb du poids atomique 206,048-206,20) en curite (avec le même plomb) indiquent des conditions minéralogiques tout à fait exceptionnelles et une formation secondaire de la pechblende qui, jusqu'à présent, n'a jamais été rencontrée à cet état.

Peut-être ces gisements nous donneront des indications sur les minéraux uraniques (radioactifs), inconnus primaires profonds.

([1]) A. Schœp, *Bull. Soc. Ch. Belg.*, t. 32, 1923, p. 275. — W. Steinkuhler, *Ibid.*, p. 233.

([2]) On doit distinguer dans les pechblendes deux groupes distincts des minéraux, dont les formules correspondent à $(Th, U, Pb)O^2$ et à $p(Th, U, Pb)O^2$, $q\,UO^3$ (В. Вернадскій. Практ. Мелщипа. з. П., 1915, p. 168). La pechblende de Katanga se distingue par la quantité du plomb uranique qu'elle contient et l'absence du ThO^2; elle devrait recevoir un nom spécial. Elle forme le neuvième ou le dixième membre de ce groupe des minéraux (bröggerite, clevéite, nivénite, α et β uranoniobites, α et β thorianites, nasturane).

MINÉRALOGIE. — *Sur un type nouveau de chlorite blanche alumineuse.* Note de M. J. ORCEL.

Le minéral dont il est question ici provient d'un massif de serpentine et de talc qui traverse les schistes satinés de la vallée de Comberousse à 3^{km} environ à l'ouest du village de Saint-Colomban-des-Villards sur le revers est de la chaîne de Belledonne. Il constitue des masses cristallines de couleur blanc verdâtre qui ont l'apparence et la dureté du talc, mais en diffèrent par leur cassure saccharoïde. Au microscope, elles présentent une structure sphérolitique remarquable; les sphérolites les plus grands mesurent en moyenne $0^{mm},5$ de diamètre, l'allongement de leurs fibres est négatif et leur biréfringence est voisine de celle du clinochlore; ils sont incolores en lumière naturelle. Des traînées ou des amas de petites lamelles à clivage nacré se sont parfois développées dans la masse sphérolitique; elles atteignent au maximum 2 à 3^{mm} de diamètre et sont de signe optique positif; la bissectrice n_g est un peu inclinée sur la face de clivage; l'angle des axes est faible et variable suivant les plages. Une mesure m'a donné $2E = 20°$ environ pour la flamme jaune du sodium. Les indices mesurés sur une lame de clivage par la méthode d'immersion [1] ont pour valeur (flamme jaune du sodium) : $n_p = 1,578 \pm 0,002$; $n_m = 1,581 \pm 0,002$. La biréfringence étant voisine de celle du clinochlore, on aura $n_g = 1,588$ environ.

L'homogénéité de la substance analysée a été contrôlée au microscope. Sa densité est de 2,67. Dans l'analyse principale (I) le fer a été séparé de l'alumine par le cupferron; l'alumine a été dosée directement; deux analyses partielles de contrôle (II et III) fournissent des résultats concordants.

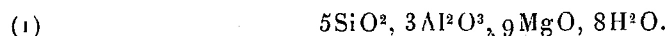
	I.	II.	III.	Molécules.		Rapports moléculaires [2].
SiO^2	27,12	»	»	4520		5 × 0,90
TiO^2	néant	»	»	»		»
Al^2O^3	27,68	27,50	29,07 (Al²O³ + Fe²O³ + FeO)	2713	2725 (Al²O³ + Fe²O³)	3 × 0,90
Fe^2O^3	0,20	1,55 (Fe²O³ + FeO)		12		
FeO	1,24			172	7988 (FeO + MnO + MgO)	9 × 0,88
MnO	0,54	»	»	76		
MgO	30,96	30,24	30,42	7740		
H^2O à 108°	0,01	»	»	»		
H^2O à 725°	2,65	»	»	1472	7122 (H²O à 725° + H²O à 880°)	8 × 0,89
H^2O à 880°	10,17	»	»	5620		
	100,57					

(1) P. GAUBERT, *Bull. Soc. franç. Min.*, t. 45, 1922, p. 89.

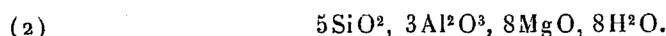
(2) Le calcul des rapports moléculaires a été fait sur les résultats de l'analyse I.

Pour le dosage de l'eau, la substance, placée dans une nacelle en platine, a été chauffée électriquement dans un tube de quartz parcouru par un courant d'air sec. Un couple thermo-électrique donnait à chaque instant la température de la nacelle. L'eau était recueillie dans des tubes à ponce sulfurique tarés. J'ai ainsi constaté que le départ de l'eau s'effectue en deux fois, à 725° et à 880° C. La substance n'a pas dégagé d'eau entre 880° et 1200°.

Les rapports moléculaires déduits de l'analyse correspondent presque exactement à la formule


(1) $5SiO^2, 3Al^2O^3, 9MgO, 8H^2O$.

Cette chlorite est donc intermédiaire entre les prochlorites magnésiennes et la corundophyllite. Il est intéressant de la comparer à deux autres chlorites blanches de gisements américains, la chlorite de Brinton et la sheridanite de Wyoming de composition chimique voisine ; cependant la valeur du rapport $\frac{SiO^2}{R^2O^3} = 1,75$ et 1,84 doit les faire considérer comme intermédiaires entre la chlorite de Comberousse et les prochlorites magnésiennes. Parmi ces dernières la prochlorite du fleuve Aj (Zlatoust, Oural) s'en rapproche le plus. La chlorite de Brinton est plus voisine de la formule


(2) $5SiO^2, 3Al^2O^3, 8MgO, 8H^2O$.

Le tableau suivant établit la comparaison entre les analyses de ces composés et les compositions centésimales calculées.

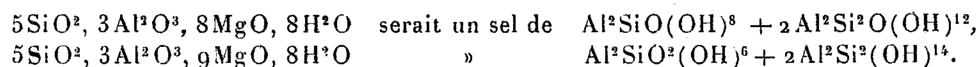
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
SiO^2	31,05	28,10	28,04	28,81	27,12	27,03	27,05
Al^2O^3	24,30	26,20	28,60	26,43	27,68	27,57	27,52
Fe^2O^3	0,45	1,66		0,24	0,20	»	»
FeO	1,77		»	0,40	1,24	»	»
MnO	»	»	»	»	0,54	»	»
MgO	27,49	30,36	29,90	30,21	30,96	32,43	32,46
CaO	2,99	»	»	»	»	»	»
Na^2O	»	»	»	0,35	»	»	»
K^2O	»	»	»	0,14	»	»	»
H^2O_-	»	0,56	»	0,09	»	»	»
H^2O_+	12,39	14,00	13,46	12,62	12,82	12,97	17,97
	99,54	100,88	100,00	100,29	100,56	100,00	100,00

1. Prochlorite du fleuve Aj, Zlatoust, Oural [1].

[1] P. Zemiatčensky, *Zeitschr. f. Kryst.*, t. 35, 1902, p. 359.

2. Chlorite de Brinton [1].
3. Composition théorique correspondant à la formule (2).
4. Sheridanite, Northern Wyoming [2].
5. Chlorite de la vallée de Comberousse.
6. Composition théorique correspondant à la formule (1).
7. Composition théorique du mélange à 75 pour 100 amésite et 25 pour 100 antigorite de Tschermak.

Dans la théorie de M. W. Vernadsky [3] sur la constitution des alumosilicates, la manière la plus simple d'interpréter ces composés est de les envisager comme des sels doubles acides de l'un des acides du groupe des prochlorites [$Al^2Si^2O(OH)^{12}$ et $Al^2Si^2(OH)^{14}$] et de l'un ou l'autre des deux acides $Al^2SiO(OH)^8$ et $Al^2SiO^2(OH)^6$ dérivé de l'anhydride de Al^2SiO^5 (sillimanite), par combinaison avec 4^{mol} ou 3^{mol} d'eau. Le premier est l'acide de l'amésite, et l'on peut faire intervenir le second dans l'interprétation de la composition de clintonites. Les formules précédentes s'interprètent alors de la façon suivante :



$5SiO^2, 3Al^2O^3, 8MgO, 8H^2O$ serait un sel de $Al^2SiO(OH)^8 + 2Al^2Si^2O(OH)^{12}$,
$5SiO^2, 3Al^2O^3, 9MgO, 8H^2O$ » $Al^2SiO^2(OH)^6 + 2Al^2Si^2(OH)^{14}$.

Il est à remarquer que ces sels ont le même nombre d'atomes d'hydrogène non saturés, et semblent correspondre à une même fonction acide.

Dans la théorie de Tschermak, la chlorite de la vallée de Comberousse correspond au mélange à 75 pour 100 d'amésite et 35 pour 100 d'antigorite.

GÉOLOGIE. — *Nouvelle objection à la théorie de Wegener concernant la dérive des continents.* Note de M. **Ph. Négris**, transmise par M. Pierre Termier.

Dans une Note précédente, j'ai montré l'invraisemblance d'une dérive des continents. Des considérations nouvelles me permettent aujourd'hui d'être plus affirmatif encore.

Wegener fonde sa théorie sur le fait que les rivages du Brésil, aux alen-

---

(1) Earl V. Shannon et E. T. Wherry, *Journ. of Wash. Acad. Sc.*, t. 12, 1922, p. 239.

(2) J. E. Wolff, *Am. Journ. Sc.*, t. 34, 1912, p. 475, et Earl V. Shannon et E. T. Wherry, *loc. cit.*

(3) W. J. Vernadsky, *Bull. Ac. Sc. Saint-Pétersbourg*, (6), t. 3, 1909, p. 1183-1202.

tours du cap San Roque, et ceux du golfe de Guinée, en Afrique, se présentent comme les bords, autrefois unis, d'une fracture, pouvant s'emboîter par la pensée, de manière à reproduire l'ancien bloc. Or cela est en pleine contradiction avec cet autre résultat de la théorie, que les continents, après leur séparation, flottent sur le magma fluide incandescent, existant sous l'écorce. Car chaque continent isolé doit suivre les lois de l'hydrostatique qui fixent la ligne de flottaison. Il serait bien étonnant que cette ligne de flottaison restât la même après la séparation, et plus étonnant qu'elle se maintînt telle à travers les âges sans que l'érosion ou le diastrophisme l'altérassent.

Aucune congruence ne saurait, semble-t-il, exister entre les contours des rivages d'Amérique et d'Afrique, sauf par le fait du hasard. Rien donc d'étonnant si Wegener lui-même signale une anomalie à l'embouchure du Niger, dont le renflement ne répondrait pas à un creux suffisant sur les côtes du Brésil, anomalie qu'il explique par une déformation de l'écorce à cet endroit, à la suite de la fracture.

Ainsi la base même sur laquelle Wegener fonde sa théorie s'écroule et partant la théorie elle-même.

GÉOLOGIE. — *Les relations tectoniques entre le gneiss et les schistes de Montolieu (Aude).* Note de M. **P.-L. Rothey d'Orbcastel**, transmise par M. Pierre Termier.

Dans les environs de Montolieu (Aude) j'ai relevé, sur la carte géologique au $\frac{1}{80000}$, feuille de Carcassonne, une omission que je crois utile de signaler à cause de l'intérêt particulier qu'elle présente au point de vue tectonique.

La région de Montolieu forme une partie de la belle pénéplaine de la montagne Noire, aujourd'hui partiellement « décapée » du Tertiaire qui la recouvrait en discordance stratigraphique et dont il reste encore quelques buttes-témoins.

Sur la partie Nord de cette même feuille de Carcassonne les schistes siluriens de la montagne Noire, limités à l'Est par une ligne partant à peu près de Fontiès-Cabardès, les Escoussols et la zone comprise entre Villardonnel et Fraisse-Cabardès, ne figurent nulle part à l'Ouest de cette ligne. Or il existe en réalité, au village même de Montolieu, un affleurement schisteux confondu sur la carte avec le gneiss qui l'entoure.

En suivant la route qui va d'Alzonne à Montolieu en passant par le château de Bouillonac (de son vrai nom de Belloc) on rencontre, sur la gauche, avant d'arriver à Montolieu, un petit chemin qui se dirige vers la métairie de Mignard.

Dès qu'on s'engage sur ce chemin on ne tarde pas à rencontrer sur une longueur de 400 à 500^{m} des schistes micacés, bouleversés, avec pendage irrégulier, qui viennent buter contre le gneiss par une petite faille bien marquée par un filon de quartz rose, de direction à peu près Nord-Sud. La surface schisteuse dessine un triangle dont la base est le ruisseau de Mignard, et le sommet de l'église de Montolieu. Le ruisseau de la Dure en marque le côté Est. Une ligne partant du chemin de Mignard, à 450^{m} de sa bifurcation avec la route d'Alzonne-Montolieu et allant rejoindre le clocher, ferme le triangle du côté de l'Ouest.

A partir de l'église, à peu près, *toute la partie Sud du village de Montolieu se trouve sur le schiste et non sur le gneiss.*

Les schistes de Montolieu présentent, au point de vue minéralogique, quelques variations, mais on peut les classer parmi les micaschistes. Très altérés mais bien stratifiés sur le chemin de Mignard, ils sont plus résistants et moins chargés de mica dans les ravins de la Dure et du ruisseau d'Alzau. Sur la route du village, après le pont sur l'Alzau, le schiste qui affleure n'est point micacé et se rapproche du schiste de la région de Lastours. Il est traversé de quelques filons de quartz bleu et rose de 10^{cm} à 1^{m} de puissance.

Le triangle schisteux de Montolieu est limité au Sud par les terres arables et par le Tertiaire, sous lequel il doit se prolonger, à l'Ouest et au Nord par le gneiss, à l'Est par le Tertiaire de la rive gauche de la Dure qui cache le prolongement du schiste dans cette direction. Le schiste micacé réapparaît cependant au fond d'un petit ruisseau qui coule à travers champs et qui est situé à 1^{km},500 au Sud du village de Brousse.

L'allure générale de cette petite zone schisteuse est plus variée que sa constitution minéralogique: on y observe des directions et des pendages en divers sens et une indépendance complète par rapport aux gneiss voisins.

Avec d'autres particularités de détail *on peut considérer le triangle de schistes de Montolieu comme le résultat d'un affaissement local,* et c'est grâce à cet accident géologique que les schistes ont été conservés. A l'origine, ils recouvraient vraisemblablement le gneiss et l'érosion qui a façonné la pénéplaine prétertiaire les a faits disparaître sauf en quelques points privilégiés. Mais ces schistes représentent-ils la couverture normale des gneiss? Je ne

le crois pas en raison de leur allure indépendante et des observations que j'ai faites plus à l'Est. Dans les environs de Salsigne et de Villanière, les schistes traversés de filons de mispickel aurifère affectent l'allure de lambeaux indépendants de leur substratum. *Les filons, souvent puissants, s'arrêtent brusquement en profondeur et en direction.*

C'est ainsi que, sous Carrus, dans la vallée du Grésillou, un filon de mispickel, à fort pendage, dans des schistes contournés et injectés de veinules de quartz, parfois pyriteux, s'arrête tout d'un coup sur un plan horizontal et manifeste en ce point un très fort enrichissement en or. A 2^{km} au nord de Carrus, des travaux de recherches entrepris dans les schistes ont constaté le même accident à une moindre profondeur.

Au voisinage du Camazou trois filons parallèles distants d'une centaine de mètres environ et de direction Nord-Sud se sont perdus en profondeur; un travers-bancs de 300^m de long entrepris une vingtaine de mètres plus bas n'en a recoupé aucun.

A mon avis les paquets de schistes et de calcaires de Carrus, du Camazou, aux environs de Salsigne, comme le petit massif schisteux de Montolieu, *ne sont pas en place et représentent des témoins d'une nappe hercynienne conservée sous forme de lambeaux grâce à des effondrements locaux.*

Cette interprétation n'a rien de surprenant: on sait que plus à l'Est, dans la région de Cabrières, sur la feuille de Bédarieux, on se trouve en présence d'un régime d'écailles et de nappes d'âge également hercynien.

GÉOLOGIE. — *Le Bartonien existe-t-il dans la région d'Ajaccio ?* Note de M. **Paul Thiéry**, transmise par M. Pierre Termier.

Dans sa Note : *Sur l'existence probable d'un lambeau bartonien dans le golfe d'Ajaccio*, A. Joleaud [1] a signalé la découverte qu'il avait faite, en parcourant les petites plages sablonneuses qui se trouvent entre les rochers du bord de la mer, le long de la route des îles Sanguinaires, de petits échinides blanchâtres, plats, à contour elliptique, n'appartenant à aucune des espèces vivant sur les côtes de l'île. Après avoir décrit ces échantillons, qu'il rapporte au genre *Echinocyamus* sans leur donner de nom spécifique, il les considère comme « très analogues » à ceux existant dans le Bartonien à *Assilina striata* de La Garoupe, près d'Antibes, et conclut à l'existence pro-

(1) A. Joleaud, *Sur l'existence probable d'un lambeau bartonien dans le golfe d'Ajaccio* (*A. F. A. S.*, Session d'Ajaccio, 1901, p. 357-358).

bable d'un lambeau de Bartonien, soit parmi les rochers du bord de la mer, soit plutôt sous les eaux du golfe.

Les *Echinocyamus* des plages d'Ajaccio sont-ils identiques à l'*Echinocyamus subcaudatus* de La Garoupe, signalé depuis longtemps par Des Moulins (1) qui le plaçait dans le genre *Fibularia*? D'après A. Joleaud, les premiers sont subrostrés en avant, le périprocte est situé à égale distance du péristome et du bord postérieur. Je dois à l'obligeance de mon confrère de Nice, M. Maury, la communication d'un certain nombre d'échantillons d'*Echinocyamus subcaudatus* de La Garoupe; ils sont bien conformes à la description donnée par Cotteau (2) à laquelle je n'ai rien à ajouter : les individus jeunes ou de taille moyenne sont rostrés postérieurement, les exemplaires de taille plus forte sont de forme plus régulièrement ovale, le périprocte est placé au tiers environ de la distance qui sépare le bord postérieur du péristome. Les *Echinocyamus* d'Ajaccio, rostrés antérieurement, sont donc différents de ceux du Bartonien de La Garoupe rostrés postérieurement.

A quelle espèce appartiennent les premiers? Mon confrère, M. Pierre Roché, Professeur au lycée de Saint-Étienne, qui a résidé pendant sept ans à Ajaccio, a exploré à maintes reprises les plages de cette région : il n'y a jamais vu un seul fossile, mais il y a recueilli une assez grande quantité d'*Echinocyamus* dont il m'a envoyé une trentaine d'échantillons qui sont absolument conformes à la description de A. Joleaud. Je ne vois aucun caractère permettant de les distinguer de l'*Echinocyamus pusillus*, variété *parthenopœus*, décrit par Costa (3) d'après des échantillons vivant dans le golfe de Naples. Il ne saurait subsister le moindre doute sur l'attribution à une espèce vivante des *Echinocyamus* ajacciens, car, parmi les échantillons recueillis par M. Pierre Roché, l'un d'eux est encore pourvu de ses piquants, et cet échantillon est bien un *Echinocyamus pusillus*.

La présence de cette espèce dans la baie d'Ajaccio est connue depuis longtemps : Requien (4) la cite sous les noms de *E. tarentinus* (avec ses

(1) Des Moulins, *Études sur les Échinides. Tableaux synonymiques*, 1836, p. 245.

(2) Cotteau, *Paléontologie française, Terrain tertiaire*. Tome 2 : *Échinides Eocènes*, 1892, p. 371, pl. 292.

(3) Costa, *Monografia degli Echinociami viventi e fossili nelle province Napolitane. Atti della Reale Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche*, vol. 3, 1869, p. 4, pl. I, fig. 1).

(4) *Catalogue des coquilles de l'île de Corse*, Avignon, 1848, nos 671 et 672. Cet ouvrage, publié sans nom d'auteur, est attribué à Requien.

variétés *ovata, rotundata, subglobosa*) et de *E. angulosus*, noms qui tombent en synonymie de *E. pusillus*. A. Agassiz (¹) l'a aussi signalée de cette région d'après des échantillons de la collection Cotteau. Elle est très commune dans la Méditerranée où elle vit, par 30ᵐ de profondeur, dans les sables et débris coquilliers; comme le test de cet échinide est très léger, il est facilement rejeté sur les plages par les flots.

De ce qui précède, il résulte que la présence du Bartonien dans la région d'Ajaccio a été basée sur la présence d'un échinide que A. Joleaud croyait fossile et qu'il a rapporté, sans le comparer, à l'*Echinocyamus subcaudatus*. En réalité, il s'agit de l'*Echinocyamus pusillus* Müller (*Spatangus*), vivant dans les eaux du golfe, ce qui infirme l'hypothèse « que le golfe nummulitique ayant pour littoral la région des îles Baléares, s'avançait jusque sur la côte du golfe actuel d'Ajaccio (²) ».

GÉOLOGIE. — *Le problème du Crétacé dans les zones intra-alpines : les « Marbres en plaquettes » des environs de Guillestre (Basses-Alpes), leur âge, leur caractère transgressif.* Note (³) de MM. **Léon Moret** et **F. Blanchet**, transmise par M. W. Kilian.

M. P. Termier a désigné sous l'appellation de « Marbres en plaquettes », dans les zones internes des Alpes occidentales, un ensemble sédimentaire épais et bien lité où dominent les calcschistes gris ou rouges souvent gaufrés et satinés en surface, à pâte compacte et translucide.

Diverses hypothèses ont été émises quant à l'âge de cette énigmatique formation dans laquelle on n'a jamais trouvé le moindre fossile et l'on en a fait successivement du Trias, du Jurassique, du Crétacé, de l'Éocène. Une des opinions les plus récentes est celle qui se trouve résumée dans la Thèse de Jean Boussac (⁴); ce géologue voit avec M. P. Termier dans les marbres en plaquettes, une «série compréhensive» allant du Jurassique supérieur au Flysch. Cette interprétation séduisante est basée sur des observations de passage vertical et même latéral, de l'une des formations à l'autre, constatés en divers points du Briançonnais. L'étude systématique d'un grand nombre de préparations microscopiques provenant de diverses localités ainsi que des observations nouvelles sur le terrain nous permettent d'apporter quelques clartés sur cet intéressant problème.

(¹) A. Agassiz, *Revision of the Echini*, 1872, p. 112.

(²) Hollande, *Géologie de la Corse*. Grenoble, 1917, p. 148.

(³) Séance du 5 mai 1924.

(⁴) *Etudes stratigraphiques sur le Nummulitique Alpin*, Paris 1912. On y trouvera un historique succinct du problème des marbres en plaquettes, problème auquel sont attachés les noms de MM. P. Termier, E. Haug, W. Kilian, J. Boussac.

Age des Marbres en plaquettes. — L'examen des lames minces nous a toujours montré un facies pélagique très accentué; pâte de calcite finement granuleuse avec nombreux Foraminifères (*Rosalina Linnei* dominantes, Globigérines, Lagenas, Textilaires). Il y a des prismes d'Inocerames très clairsemés, ainsi que de rares grains de quartz clastique et de glauconie.

La masse principale de ces marbres est de teinte grise, mais la base est presque toujours représentée par des niveaux rouges où abondent les Rosalines dont les dépouilles sont littéralement côte à côte. Leur ressemblance avec les « couches rouges » préalpines et avec certains facies du Sénonien subalpin (région de Thônes, Haute-Savoie) est frappante. D'après M. J. de Lapparent, la Rosaline de Linné pullule dès le Crétacé supérieur de nombre de régions et disparaît presque complètement après le Maestrichtien. De notre côté nous n'avons jamais trouvé l'ombre de Rosalines dans les terrains Éocrétacés et Jurassiques. Aussi bien l'abondance de ce Foraminifère dans les « marbres en plaquettes », abondance d'ailleurs remarquée depuis longtemps, jointe à la présence de prismes d'Inocerames et à l'argument nouveau que nous allons maintenant développer, nous semblent suffisants pour affirmer l'âge crétacé supérieur de la plus grosse portion de cette formation.

Caractère transgressif des Marbres en plaquettes. — La localité de Saint-Crépin était jusqu'ici citée comme typique en ce qui concerne le passage latéral et le passage vertical du Jurassique supérieur aux Marbres en plaquettes. Or, l'examen détaillé des parties fraîchement mises à nu dans la carrière de l'Église nous a montré une lacune stratigraphique des plus significatives entre les deux formations. La partie supérieure du Jurassique de Saint-Crépin (facies dit « marbre de Guillestre ») est à l'état de gros bancs gris rosé, compacts. On y voit des sections d'Ammonites et, au microscope, une pâte granuleuse fine, criblée de Radiolaires et de *Calpionella*. C'est sur la surface irrégulière, et même rubéfiée de ces bancs que viennent s'appliquer les lèches transgressives de Marbres en plaquettes qui débutent brusquement ici par des schistes rouges à Rosalines. Au-dessus passent insensiblement les calcschistes gris satinés, typiques.

La vallée du Guil en amont de Guillestre est également intéressante. En effet, depuis les belles recherches de M. W. Kilian, on sait que cette région met en évidence des digitations frontales des nappes empilées du pays briançonnais. Or la série basale, subautochtone (c'est-à-dire la plus occidentale si l'on déroule les nappes par la pensée), montre le long de la route du Queyras et sur les calcaires gris du Trias, une suite de marbres en pla-

quettes rouges et verts dont la base est envahie par des brèches à ciment gris ou rose fleur de pêcher marquées en Lias sur la carte géologique à 1/80000e et interprétées plus tard comme l'équivalent du Jurassique supérieur. Au Sud, dans le massif d'Escreins, ces brèches, désignées par l'un de nous sous le nom de « Brèches de la Madeleine » (F. B.), sont très développées. Leur étude micrographique nous a confirmé l'existence de galets de Trias, de Lias oolithique, de Jurassique à Calpionelles, dans un ciment rouge où abondent les Rosalines. Ce sont les brèches de la transgression néocrétacée.

La nappe superposée, d'origine plus interne, ne renferme plus de brèches et la série y est analogue à celle de Saint Crépin (F. B.).

En résumé, les Marbres en plaquettes des régions étudiées sont d'âge néocrétacé, ils sont transgressifs et prolongés vers l'Ouest par des lignes de brèche, lesquelles jalonnaient à l'époque une cordillère à peine émergée qui séparait le régime franchement pélagique de l'Est de celui un peu différent et symétrique du Dévoluy où le caractère transgressif du Crétacé supérieur est bien connu depuis les travaux de Ch. et P. Lory [1].

Enfin, bornons-nous pour l'instant à souligner que cette modalité du Crétacé supérieur Alpin est *générale* et se retrouve dans les Préalpes (couches rouges) et même dans les Alpes orientales (couches de Cosau).

SPÉLÉOLOGIE. — *Sur l'universalité et l'importance du phénomène des abîmes ou puits naturels des calcaires.* Note de M. E.-A. **Martel**, présentée par M. Louis Gentil.

Il y a quarante ans, les abîmes, ou puits naturels des terrains calcaires, étaient considérés comme des faits exceptionnels, voire de curiosité pure. On n'aurait pu alors en énumérer guère plus de deux centaines; et quelques dizaines seulement avaient été l'objet de descentes et recherches préliminaires. Actuellement, le nombre de ceux que l'on a reconnus, dans le seul

---

(1) Si la base de cette formation nous apparaît dorénavant comme assez nettement délimitée, il n'en est pas toujours ainsi de la limite supérieure qui, ainsi que l'ont remarqué les géologues qui nous ont précédés, semble bien passer au vrai Flysch par l'intermédiaire du « Flysch calcaire » et de quelques lits de brèches à galets cristallins (W. Kilian) lesquels impliquent évidemment des discontinuités stratigraphiques.

triangle européen, compris entre le Péloponèse, l'Autriche, le nord de l'Angleterre et les Pyrénées s'élève, à environ 3000. Moins de la moitié a été l'objet d'explorations et d'études en général incomplètes. Les régions balkaniques, dites *karstiques*, du Monténégro au Frioul comptent dans ce chiffre de 3000, pour plus du tiers. Il en est de même pour la France, avec une répartition en quatre groupements principaux, de 250 à 300 chacun : Causses, Jura, Alpes Calcaires et Pyrénées (y compris la Catalogne), plus quelques dizaines, qui perforent les Charentes (fosses de la Braconne), les formations tertiaires de Guyenne et le Jurassique de l'Yonne et de la Côte-d'Or. Le Caucase, l'île Majorque, l'Espagne (Aragon, Andalousie), le Portugal (Alviella) en possèdent aussi, dont on n'a guère vu que les orifices. Jeannel, Racovitza et de Peyerhimoff ont fait connaître les puits à neige (dénommés *Anou* ou *Tessereft*) du Djurdjura et d'Algérie, qui dépassent souvent 2000^m d'altitude.

Sporadiquement on en a rencontré aussi dans toutes les formations calcaires des autres pays du monde : Liban, Rhodésia, Amérique du Sud, (Hoyos de Colombie), Antilles, Australie, Java, etc. Au Brésil, dans la région caverneuse du Rio San-Francisco ([1]), M. Eliot Barton (de Cambridge) vient d'en trouver un, entre autres (fin 1923), où son plomb de sonde pendulait encore dans le vide au bout de 240^m de ligne. Il est certain que, même dans l'Europe occidentale, de grandes quantités de ces gouffres restent ignorés, dissimulés parmi les forêts, sous des éboulements et dans des parages rocheux d'accès difficile. Pour toute la terre, on peut donc prévoir que le phénomène s'enregistrera tôt ou tard par des dizaines de milliers. Ainsi, numériquement, il y a lieu d'en tenir compte au même degré que des glaciers, des lacs, des cascades, des lapiaz, des villes de rocs ruiniformes.

Quant à la dimension, il est des gouffres qui dépassent en verticale les plus grandes cataractes connues : les deux plus profonds, en effet, le Bus de la Lume (Frioul) et le Chourun Martin (Dévoluy) paraissent atteindre 460 et 500^m. Dans le Carso proprement dit (de Cattaro à Trieste) trois, explorés à fond, descendent à 204, 310, 329^m. Une dizaine d'autres mesurent 200 à 270^m. En France, 7 ou 8 au moins atteignent de 200 à 265^m.

Quant à ceux de 100 à 200^m, on les compterait par centaines. S'il en est de tout petits (quelques mètres seulement de creux) c'est que, pour le plus grand nombre, ils sont obstrués par les matériaux de comblement

([1]) ÉLISÉE RECLUS, *Géographie Universelle*, t. 19, 1894, p. 259.

qui continuent à y tomber. Or, depuis qu'on s'est occupé de leur étude méthodique, on a définitivement prouvé que la très grande majorité des puits naturels est due au creusement tourbillonnaire de haut en bas, œuvre des eaux superficielles absorbées. La théorie geysérienne (éruption d'argiles sidérolithiques) est *formellement erronée;* celle des orgues géologiques (décalcification, corrosion chimique) n'est exacte que dans les craies et calcaires tendres et d'ailleurs comme action hydrique *de haut en bas;* celle de l'effondrement au-dessus de cours d'eau souterrains *jalonnés* ne s'est vérifiée que dans une minorité de cas, dus à différentes causes spéciales. (Padirac, Sinks des États-Unis, cénotés du Yucatan, certaines dolines, etc.). Bref, on sait maintenant que l'on se trouve surtout, devant ces puits naturels, en présence de manifestations d'érosion mécanique très puissantes et d'un caractère universel (parmi les calcaires bien entendu) : elles ont produit des creusements formidables et des évidements souterrains parfois très étendus.

Dans ces conditions, il paraît absolument nécessaire de faire intervenir ces formes particulières de la morphologie terrestre, dans la discussion de beaucoup de points qui la concernent : ma dernière Note sur les circulations souterraines des hauts niveaux tendait à la même conclusion ([1]).

Pour les abîmes, qui sont dès maintenant reconnus en bien plus grand nombre, il importe d'en tenir compte comme facteurs comparatifs d'étude, au même titre que des terrasses, des surcreusements, des gradins de confluence, des anciennes moraines, des cirques ou kares, etc.; ils pourront apprendre bien des choses pour ce qui concerne les mouvements de l'écorce terrestre, les transgressions et régressions, le creusement des vallées, les glaciations, les *soi-disant cycles* d'érosion, les desséchements, etc.

Il faut recommander surtout l'examen minutieux et chronologique des dépôts fluviatiles de leurs alentours et de leurs matériaux de remplissage (quand il sera possible de le faire). Seulement, les abîmes montrent un tel mélange et une telle variété de caractères, qu'ils soulèvent des questions très complexes; leurs altitudes, par exemple, s'échelonnent depuis le niveau de la mer jusqu'à 2000^{m} et 2500^{m}; leurs dimensions se présentent à toutes les échelles; les uns sont morts, inactifs, *fossiles*, en tant que points d'absorption; les autres, au contraire, demeurent vivants et fonctionnent toujours sous nos yeux, et cela dans des conditions tantôt les plus disparates, tantôt les plus analogues; l'*âge* de certains d'entre eux remonte au moins à l'Éocène.

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1429.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la perturbation acoustique, enregistrée à Paris, produite par l'explosion du 15 mai 1924 à la Courtine.* Note de **M. A. Dufour**, transmise par M. Villard.

J'ai pu enregistrer au laboratoire, à Paris, l'onde acoustique provoquée par l'explosion de 10 tonnes de mélinite effectuée le 15 mai 1924 au camp de la Courtine.

J'ai utilisé à cet effet comme détecteurs d'ondes acoustiques quatre des écouteurs électromagnétiques à aimants permanents [1] employés dans la dernière guerre par les sections qui appliquaient mon système de repérage par le son. Chacun d'eux est connecté, comme d'ordinaire à son galvanomètre placé au central, et l'on enregistre les déviations de ce dernier par une méthode d'inscription photographique. J'ai donné antérieurement le détail de tels postes [2].

Dans l'expérience actuelle, les indications suivantes s'inscrivent simultanément sur la bande : la forme de l'onde donnée par chaque écouteur, la seconde de l'horloge du laboratoire, les tops émis par la Tour Eiffel, enfin des signaux de repère faits par l'opérateur. En outre on enregistre aussi les éclairs réglés par un diapason de fréquence environ 100 par seconde.

Deux écouteurs étaient placés sur le sol dans un jardin; les autres reposaient sur des tables au premier étage dans une petite salle dont les fenêtres restèrent ouvertes. Ces emplacements étaient imposés par les circonstances; ils sont d'ailleurs mauvais, car deux des écouteurs n'ont pas de protection contre le vent et tous subissent les trépidations dues au passage des tramways dans la rue voisine. Aussi a-t-il été nécessaire de réduire notablement la sensibilité des écouteurs en shuntant leurs galvanomètres.

Les conditions atmosphériques de la soirée du 15 mai ont été excellentes, surtout vers $19^{h}45^{m}$; l'interprétation des tracés est ainsi très facile.

Les résultats obtenus sont les suivants: aucun bruit particulier n'a indi-

---

(1) Il est intéressant de remarquer que ces écouteurs, construits et expédiés au front vers 1917, ont servi, dans cette expérience, *tels* qu'ils sont revenus des armées.

(2) *Système de repérage Dufour* 1917 (*Service Géographie de l'Armée*, brochure de mars 1918).

qué le passage d'une perturbation acoustique, mais les enregistrements montrent l'existence, la forme et l'époque de cette perturbation.

Son existence résulte du fait que les quatre écouteurs donnent les mêmes indications, bien qu'occupant des places différentes ; en relation avec ces places, deux d'entre eux indiquent un léger retard par rapport aux deux autres. L'amplitude totale des oscillations sur la bande varie de 5^{mm} à 9^{mm} suivant l'appareil considéré.

Les tracés montrent que cette perturbation est constituée par un mouvement oscillatoire temporaire de la pression, à établissement progressif sans front brusque ; il subsiste pendant deux périodes et disparaît un peu plus vite qu'il ne s'est établi. La durée de la période de ces oscillations est d'environ 1 seconde ; l'ensemble constitue donc un infra-son et il n'est pas étonnant qu'on n'ait rien entendu à Paris. La durée totale du phénomène est d'environ 3 secondes.

Les enregistrements donnent $19^h 46^m 53^s$ pour l'heure du passage du maximum de la perturbation à la Faculté des Sciences, 12, rue Cuvier. Dans cette détermination on s'est servi des tops de la Tour Eiffel à $19^h 45^m 0^s$ et $19^h 50^m 0^s$, se trouvant sur la même bande. En admettant que l'explosion s'est produite exactement à $19^h 30^m 0^s$, le résultat précédent donne une durée de propagation de 1013 secondes pour le milieu du train d'ondes, ce qui parait *a priori* conforme à ce qu'on pouvait attendre sur une distance de l'ordre de 343^{km} à vol d'oiseau et pour une vitesse voisine de 340^m à la seconde. La vérification plus précise de cet accord nécessiterait la connaissance des données météorologiques du parcours suivi par le son.

La constitution trouvée ici pour l'onde montre combien l'oreille est un détecteur insuffisant pour l'étude de la propagation des perturbations acoustiques provoquées par les fortes explosions. En outre, la notion de zone de silence n'a plus ici aucun sens puisqu'on a affaire à un son de fréquence 1 par seconde ; elle devrait être limitée seulement au cas des oscillations audibles. Il est donc indispensable de connaître d'abord la forme de la perturbation avant de déduire quoi que ce soit des observations. Seule une méthode d'enregistrement, analogue par exemple à celle employée ici, peut donner des renseignements en lesquels on puisse avoir confiance.

Elle permettrait sans doute de suivre, en outre, les transformations de l'onde durant sa propagation, phénomène que j'ai rencontré en particulier lors d'essais, non publiés, faits pendant la guerre à Fontainebleau en 1916. Il n'est pas impossible, d'ailleurs, que cette transformation intervienne

peut-être aussi, dans certains cas, pour une part, dans l'explication des zones de silence où les observations sont faites à l'oreille, la déformation de l'onde envisagée, produite par des circonstances locales de propagation, pouvant peut-être modifier sa fréquence de manière à en faire un son audible dans certaines régions et un infra-son dans d'autres régions.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la probabilité de la pluie*. Note de M. **Louis Besson**, présentée par M. Bigourdan.

Si, dans une longue série d'observations, on compte le nombre de jours de pluie isolés, celui des groupes de 2 jours de pluie consécutifs, celui des groupes de 3 jours de pluie consécutifs, etc., on trouve des nombres très différents de ceux que ferait prévoir le calcul des probabilités, d'après la probabilité d'un jour de pluie.

Voici les résultats pour 50 années d'observations (1873-1922) à l'Observatoire municipal de Montsouris, où l'on a compté 9580 jours de pluie sur un total de 18261 jours.

Tableau I. — *Nombre* S *de groupes de k jours de pluie consécutifs.*

k.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
S observé....	917	614	389	263	181	117	99	63	59	34
S calculé [1]..	2165	1136	596	313	164	86	45	24	12	7

k.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
S observé....	27	19	14	14	6	6	6	1	2	4
S calculé.....	3	2	0,9	0,5	0,3	0,1	0,07	0,04	0,02	0,01

On a observé en outre 3 groupes de 21 jours, 2 de 25, 2 de 27, 1 de 29 et 1 de 31.

Les courtes séries de jours de pluie sont donc beaucoup moins nombreuses qu'elles ne devraient l'être; par contre, il se produit de longues séries qui sembleraient, *a priori*, impossibles.

(1) Soit n le nombre des jours de pluie dans une suite de N jours. Si l'on admet que toutes les permutations sont également probables, on trouve que le nombre moyen de jours de pluie isolés en N jours est $\frac{(N-n)(N-n+1)n}{N(N-1)}$, celui des groupes de 2 jours de pluie $\frac{(N-n)(N-n+1)n(n-1)}{N(N-1)(N-2)}$, et ainsi de suite. Ces formules ont été données par Grossmann (*Archiv der D. Seewarte*, 23. Jahrg., 1900, p. 34).

La cause de cette discordance est évidemment la suivante : la probabilité d'un jour de pluie n'est pas indépendante de ce qui s'est passé auparavant; on n'a pas le droit de la considérer comme constante et égale au quotient du nombre total de jours de pluie par le nombre total de jours d'observations (0,525 à Montsouris).

Des résultats de l'observation contenus dans le Tableau I on peut déduire ([1]) la probabilité effective de la pluie lorsqu'on sait qu'il a plu la veille, les deux jours précédents, les trois jours précédents, etc.

Tableau II.

Probabilité p_k de la pluie lorsqu'on sait qu'il a plu les k jours précédents.

k..........	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
p_k..........	0,704	714	727	737	744	751	749	756	754	769
k..........	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
p_k..........	0,772	0,78	78	78	81	80	81	82	80	78
k..........	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.
p_k..........	0,81	0,84	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7	0,5	0,5

Ainsi la probabilité de la pluie, qui est de 0,525 quand on ignore ce qui s'est passé la veille, s'élève brusquement à 0,704 si l'on sait qu'il a plu. Elle continue à augmenter, mais de plus en plus lentement, lorsque le nombre des jours pluvieux qui se sont succédé augmente lui-même et elle atteint 0,8 après 15 jours de pluie. Les dernières valeurs étant peu précises, à cause du petit nombre des longues séries pluvieuses, on ne peut affirmer que la probabilité de la pluie finit par diminuer comme les chiffres ci-dessus semblent l'indiquer.

Le même calcul a été fait pour chacun des douze mois séparément, afin de chercher si l'influence du temps passé sur le temps à venir varie dans le cours de l'année.

On a, semble-t-il, une mesure satisfaisante de cette influence dans le rapport

$$R = \frac{p_1 - p}{1 - p},$$

([1]) Il est facile de voir que si l'on désigne par S_k le nombre des groupes de k jours de pluie consécutifs et par p_k la probabilité de la pluie après k jours de pluie, n étant toujours le nombre total des jours de pluie, on a

$$p_1 = \frac{S_2 + 2S_3 + 3S_4 + \ldots}{n}, \qquad p_2 = \frac{S_3 + 2S_4 + 3S_5 + \ldots}{S_2 + 2S_3 + 3S_4 + \ldots},$$

et ainsi de suite.

p étant la probabilité générale d'un jour de pluie et p_1 la probabilité d'un jour de pluie lorsqu'il a plu la veille.

Le rapport R varie de 0 à 1. Quel que soit p, R est nul si la pluie de la veille n'a aucune influence et il est égal à 1 si elle rend certaine une nouvelle pluie. On pourrait appeler ce rapport *coefficient de persistance*.

TABLEAU III. — *Valeurs mensuelles et annuelle du coefficient de persistance* R.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Ann.
p....	0,582	558	551	530	499	476	470	456	452	529	574	618	525
p_1...	0,708	760	713	693	742	650	679	641	649	688	762	767	704
R...	0,30	46	36	35	49	33	39	34	36	34	44	39	38

Les valeurs trouvées pour les différents mois sont presque toutes très voisines de la moyenne annuelle et les écarts paraissent purement fortuits.

D'autre part, si l'on divise par moitiés la série des 50 années et si l'on calcule le coefficient pour chacune des périodes de 25 ans, on obtient 0,40 et 0,35, c'est-à-dire des valeurs peu différentes, bien que ces deux périodes aient présenté des régimes pluviométriques très dissemblables.

En première approximation, on peut donc considérer le coefficient de persistance 0,38 comme une constante du climat parisien.

MÉTÉOROLOGIE. — *Rôle des Alpes dans la genèse et la morphologie des tempêtes de la Méditerranée occidentale.* Note de M. **Octave Mengel**, présentée par M. Bigourdan.

Bien avant le météorologiste, le marin a su tirer de la marche des cirrus et de l'état du ciel les pronostics du temps :

Un ciel enfumé de NE à N par un léger voile de *cirrus* annonce un vent de NW avec ciel clair. Un ciel barré de *strato-cumulus* de N à NW annonce un vent violent de NW avec paquets (gropada) de mer et de nuages.

Ces dictons synthétiques montrent en outre que les pêcheurs catalans ont depuis longtemps la notion des modalités des tempêtes suivant la situation des systèmes nuageux qui les précèdent.

Les tempêtes de la Méditerranée nord occidentale dépendent, en effet, de dépressions provenant de quatre secteurs principaux :

a. Secteur SSE à SW. — Les dépressions qui en émanent amènent sur le

revers sud des Pyrénées, et sur le Roussillon des pluies avec inondations et parfois, en hiver, des neiges plus abondantes en plaine qu'en montagne.

b. Secteur W à NW. — Les dépressions atlantiques s'allongent par le golfe de Gascogne et le golfe du Lion en poche abandonnant, quand la dépression mère remonte vers la Manche, une dépression secondaire qui chemine sur le golfe de Gênes où elle se comble à moins que, entraînée par le mouvement général W à E, avec rejet par le massif alpin vers le SE, elle se dirige comme celles de la catégorie *d*, vers la Méditerranée orientale où, très souvent, elle formera le noyau oscillant d'une aire dépressionnaire qui remontera, par le NNW. des Karpathes, pour former, avec les nouvelles dépressions abordant à l'Ouest, le système couloir caractéristique de l'automne et du printemps. Ces dépressions apportent tout d'abord des pluies de SE sur le Roussillon, suivies de vent NW.

c. Secteur NW à NNE. — Ce secteur est caractérisé par la descente rapide de dépressions nord atlantiques par la France, avec formation de dépression secondaire dès que les isobares 765 à 755 atteignent la Méditerranée.

Cette dépression évolue sur place, en donnant la Tramontane (gropada), pendant que la dépression principale continue vers la Baltique l'aire dépressionnaire dessine un croissant à convexité orientale dont les Alpes occupent la concavité et qui paraît pivoter autour de son extrémité sud sur le golfe de Gênes ou l'Adriatique.

d. Secteur NE à ESE. — Dans ce secteur, se forment ou se propagent sur le golfe de Gênes et la mer Tyrrhénienne par l'Adriatique les dépressions qui donnent le mistral de Provence et la Tramontane (clara) du Roussillon.

Je ne m'occupe ici que de ces dépressions. Ce sont, en effet, celles qui intéressent le plus la prévision des tempêtes en Méditerranée occidentale par leur fréquence, leur instantanéité et leur violence. C'est à cette catégorie qu'il faut rapporter la tempête du 18-21 décembre 1923 qui a causé la perte du *Dixmude*.

Elles se présentent, tout d'abord, comme des dépressions secondaires issues généralement de l'allongement sur l'Adriatique, par le revers SE des Alpes, d'une dépression polaire passant ou stationnant sur la Baltique SW. Celle-ci, contournant ensuite dans le sens ordinaire l'aire de fortes pressions qui s'avance sur l'Espagne, sur l'Europe centrale, forme avec la dépression secondaire méditerranéenne, une aire de basses pressions qui s'étend du NE au SSE de l'Europe.

Si la dépression polaire se comble alors que la dépression secondaire s'accroît (23 février 1924), nous traduisons ce fait en disant que la dépression polaire descend sur la Méditerranée.

Nous appliquons également cette façon de dire au cas du 18 décembre 1923 (très fréquent). Il ne s'agit réellement que d'une pseudo-descente, qui, par suite, ne présente rien de contradictoire avec la loi de la marche générale d'W à E.

C'est en prenant ces deux types d'évolution pour comparaison que j'ai relevé 152 *cas de descente de dépressions polaires sur la Méditerranée occidentale*, *en* 26 *ans* (1898 à 1923).

Janv.	Fév.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juil.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
30	9	20	11	3	10	5	11	9	12	13	23

La période du solstice d'hiver avec ses 53 cas paraît très dangereuse; la période de l'équinoxe du printemps est également à surveiller.

D'ordinaire une dépression après évolution de 2 ou 3 jours sur Gênes descend (*sensu stricto*) vers le sud de l'Italie, accompagnée de la tempête avec côté dangereux sur le bord SW, côté où précisément a disparu le *Dixmude*.

La descente d'une dépression polaire sur la Méditerranée ne provoque pas toujours un mauvais temps sur nos côtes. Si pendant sa propagation vers le SW une dépression apparaît sur l'Atlantique, le gradient Biarritz-Gênes restant faible, le coup de vent ne se produira pas (cas du 12-17 novembre 1916 et du 14-19 mars 1923).

Dans des cas assez rares, la dépression méditerranéenne rétrograde vers le NW (1-10 avril 1910). Elle rentre alors dans la catégorie *a*, mais avec neige au lieu de pluie sur son bord septentrional. Ces cas de rétrogradation, fréquents pour les dépressions équatoriales du secteur *a* (22-31 mars 1898, 26-31 mai 1903), sont plus rares pour les dépressions polaires (1er septembre 1915, 28 février 1924, tendance à propagation vers la Méditerranée par le NW des Alpes).

Ces rétrogradations, de même que la propagation des dépressions polaires vers la Méditerranée occidentale, ne se présentent que comme des remous dans le grand courant de W à E.

Si en effet on observe la descente d'un faisceau d'isobares parallèles W à E (ex.: 17 janvier 1910, 4 décembre 1900), on constatera que, généralement, en atteignant les Alpes, elles éprouvent une inflexion rapide vers le SW, comme si elles étaient attirées sur le golfe de Gênes. Le resser-

rement des isobares qui en résulte au droit du golfe du Lion, sur l'autre cyclone ibérique, donne le gradient qui déchaîne l'ouragan. L'isobare 760 paraît pivoter autour du golfe de Gênes dans le sens des aiguilles d'une montre jusqu'à ce qu'une dépression apparaisse au large de l'Alantique. Cette observation, faite sur de très nombreux cas, m'a porté à chercher l'enveloppe de l'isallobare O. Elle s'est traduite par deux petites aires, la plus importante intéressant les golfes du Lion et de Gênes, l'autre la Baltique SW. En ces régions les dépressions sembleraient éprouver un minimum de déplacement, c'est-à-dire stagneraient plus qu'en tout autre. Mohn avait déjà fait cette constatation pour la Baltique.

Il se produirait donc, dans le grand courant atmosphérique, comme dans tout courant fluide buttant contre un obstacle, des remous passant à l'arrière et y tourbillonnant sur place un instant avant d'être repris par le courant général. Pour la partie sud de l'Europe le massif des Alpes est l'obstacle. Il doit se produire alors, dans sa concavité sud, par raison dynamique, aidée sans doute par une influence thermique due à l'exposition, un remous d'appel vers le sol — trou des aviateurs — qui est plutôt une giration naissant tout d'abord dans *l'épaisseur* du fleuve aérien — dont les Alpes occupent environ le tiers en hauteur — et dans le champ de la dépression polaire émanant du tourbillon des cirrus [1].

BOTANIQUE. — *De l'influence sur les végétaux d'un séjour prolongé à haute altitude.* Note [2] de M. J. **Bouget**, transmise par M. Molliard.

Les expériences qui font l'objet de cette Note ont été poursuivies au Jardin botanique de l'Observatoire du Pic du Midi et aux environs de Bagnères-de-Bigorre, depuis 1901 jusqu'à 1924. Elles ont porté sur une plante très commune dans le Midi de la France, le faux narcisse à fleurs jaunes (*Narcissus pseudo-narcissus* L.), qui pousse à l'état de végétation spontanée jusqu'à 2000^m et subit avec l'altitude des modifications diverses. Ces modifications portent : sur la taille qui se réduit de 50 à 10^{cm}, sur la couleur des fleurs (les divisions périgonales deviennent d'un jaune pâle presque blanc, tandis que la couronne reste jaune intense), sur celle des feuilles (qui deviennent plus vertes), sur le bulbe qui se recouvre d'une

(1) E.-E. Fournier, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 905.
(2) Séance du 14 avril 1924.

tunique noirâtre, enfin sur l'époque de la floraison qui passe de mars à juin.

Quatre touffes de *Narcissus pseudo-narcissus*, comprenant chacune cinq à six bulbes, furent prises au mois de juillet 1901, dans une station, située vers 800^m d'altitude sur le flanc ouest de la montagne du Bédat, qui domine Bagnères. La taille de ces plantes complètement développées était d'environ 25^{cm}, la longueur du bulbe 3^{cm},5, le diamètre de ce dernier 2^{cm},5. Ces touffes furent transportées au sommet du Pic et plantées le 24 juillet 1901 au Jardin botanique de l'Observatoire, avec toutes les précautions nécessaires pour assurer la reprise.

Celle-ci s'effectua très bien; l'année suivante (1902), tous les bulbes donnèrent des feuilles. A la fonte des neiges, le 11 juillet, ces feuilles avaient déjà 2 à 3^{cm} de long. La croissance s'effectua rapidement; le 28 juillet, un pied était en pleine floraison et d'autres en boutons; ces derniers ne purent s'épanouir à cause d'un vent du sud très fort et très sec, qui souffla du 28 au 31 juillet et fit périr plusieurs autres plantes dans le jardin. La taille des narcisses à la fin de la croissance (28 juillet) était d'une dizaine de centimètres environ. Ainsi donc, au bout de la première année, nos plantes paraissaient avoir pris les caractères des narcisses qui poussent spontanément à 2000^m.

En 1903, la fonte des neiges se produisit plutôt que les années précédentes. Le 1er juillet, les narcisses étaient découverts; à ce moment les feuilles avaient à peine 2^{cm}; elles se développèrent faiblement dans les premiers jours jusqu'à atteindre 4^{cm} en moyenne; le 16 juillet la croissance était terminée, sans que la plante eût fleuri. Il y avait donc eu un amoindrissement apparent très considérable dans la végétation; mais les réserves du bulbe étaient encore loin d'être épuisées.

En effet, l'année suivante, en 1904, la neige fondit très tôt; elle laissa apparaître les narcisses le 20 juin; leur croissance fut rapide, les feuilles atteignirent 6^{cm} de long le 16 juillet, 10^{cm} le 31 (fin de la croissance); pas plus que l'année précédente, aucune fleur ne se montra. Ainsi il avait suffi cette année-là de quelques circonstances atmosphériques favorables (fusion hâtive de la neige) pour donner à la végétation une activité nouvelle mais passagère.

La reproduction des mêmes circonstances favorables ne donna pas en 1905 le même résultat. La neige fondit cette année le 27 juin (l'époque moyenne de la fonte est du 8 au 10 juillet); les feuilles des narcisses avaient à ce moment 2^{cm} de long; elles grandirent lentement, sans formation d'aucune fleur, et atteignirent 5^{cm} le 31 juillet; le 6 août elles étaient gelées.

En 1906, la longueur des feuilles ne dépassa pas 3^{cm} : l'affaiblissement de l'activité végétative était évident. Cet affaiblissement se poursuivit les années suivantes. A partir de 1906, les feuilles se montrèrent tous les ans chez certains pieds, mais leur longueur ne fut jamais plus grande que 2 ou 3^{cm}, avec des fluctuations peu importantes; aucun signe de floraison ne fut aperçu. En même temps le nombre de pieds donnant des feuilles diminua d'une manière continue; il n'en restait plus que trois en 1916 : une extinction prochaine de la colonie végétale était imminente.

A cette époque (2 septembre 1916), les bulbes survivants furent déterrés. Leurs dimensions étaient considérablement réduites, leur longueur était en moyenne $1^{cm}5$, leur diamètre 1^{cm}. Ces trois bulbes furent remis en terre et laissés encore une année au Pic.

En 1917, sur les conseils de M. Devaux, ils furent descendus au jardin d'essai de Pène-Blanque, situé à 1900^{m} sur les flancs du Pic, il y furent plantés le 4 octobre 1917. Ils y séjournèrent et l'on observa leur végétation pendant une année : l'un deux périt, les deux autres se développèrent parfaitement et donnèrent des feuilles de 7 à 8^{cm} de long, sans fleurir; il y avait reprise évidente de l'activité végétative. Afin d'augmenter cette reprise, il fut décidé que les bulbes seraient reportés à leur station primitive, située sur les flancs du Bédat à 800^{m} d'altitude.

La transplantation fut effectuée avec tout le soin désirable dans le courant d'octobre 1918; elle donna le résultat prévu. De 1918 à 1922, les plantes donnèrent chaque année des feuilles de plus en plus longues, et en avril 1923 la floraison se produisit de nouveau; elle s'est reproduite en 1924. Aucune différence appréciable n'existe plus aujourd'hui entre les deux narcisses transplantés et ceux qui sont restés en place dans leur voisinage immédiat. Le 6 avril 1924, les deux bulbes ont été déterrés en même temps qu'un autre bulbe témoin qui n'avait pas quitté la station du Bédat; les dimensions de ces bulbes ont été mesurées; les diamètres des trois étaient très voisins de $2^{cm},5$; la longueur était de 3^{cm} pour les bulbes descendus du Pic, de $3^{cm},5$ pour le bulbe resté au Bédat; quant à la longueur des feuilles, elle atteignait 18^{cm} pour les plantes descendues du Pic, 25^{cm} pour le narcisse témoin. Il y a lieu de noter que ce dernier était l'un des plus vigoureux de la station.

L'expérience que nous venons de décrire a duré 22 ans; elle a été faite en même temps avec d'autres plantes à bulbe, en particulier avec l'iris (*Iris Xyphoides* Ehrh.); elle a donné des résultats analogues. Cette expérience a montré le dépérissement progressif pendant 15 ans d'une plante qui, croissant spontanément à 800^{m}, a été transplantée à 2860^{m} d'altitude.

Au bout de la quinzième année, le dépérissement était extrême et la vie allait s'éteindre. Il a suffi d'un séjour d'une année à 1900^m, de quatre années à 800^m, pour restaurer complètement la plante affaiblie, et pour lui redonner toute l'activité végétative qu'elle avait avant d'être soustraite à son milieu natal.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la greffe sous-cutanée de cornées vivantes et mortes et sur la théorie de la greffe morte en général.* Note de M. J. NAGEOTTE, présentée par M. d'Arsonval.

La greffe de fragments de cornée transparente, vivants ou morts, sous la peau externe du pavillon de l'oreille, permet de recueillir quelques données nouvelles sur la spécificité des différentes variétés de tissu conjonctif et sur la persistance de la trame dans les greffons morts.

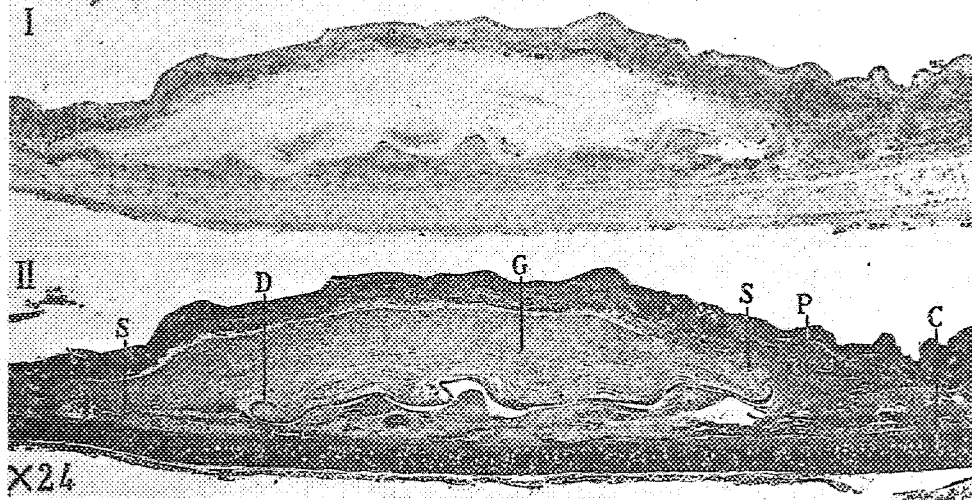
Mes expériences ont été faites sur le lapin; la comparaison entre les greffons vivants et les greffons tués par un séjour de 24 heures dans l'alcool à 70° a été poursuivie à tous les stades jusqu'au cinquième mois.

Vivants ou morts, les greffons persistent; ils gardent leur forme, leur structure et, au moins en partie, leur propriété caractéristique, qui est la transparence. Le tissu de la cornée est parfaitement transparent lorsqu'il est sain et intact; la moindre lésion, de quelque nature qu'elle soit, altère cette propriété, mais il persiste toujours, même après fixation dans les réactifs histologiques, une translucidité très marquée qui n'appartient pas au tissu fibreux banal. Cette translucidité permet à première vue de reconnaître une greffe vivante ou morte de cornée comme en témoigne la figure ci-après, qui représente une greffe morte de trois mois.

La trame des greffons de cornée a conservé sa spécificité dans son nouveau milieu. Cette trame est habitée, dans le greffon vivant, par les cellules propres de la cornée, qui ont survécu. Le greffon mort est repeuplé par des cellules empruntées aux tissus ambiants; mais il faut noter que ces cellules remplaçantes ont pris la livrée spéciale des cellules de la cornée, par une métaplasie dont j'ai déjà donné plusieurs exemples. Je rappellerai, en passant, qu'une telle métaplasie assimilatrice est obligatoire pour toute cellule conjonctive banale qui pénètre dans la trame déserte d'un greffon mort, provenant d'un tissu conjonctif spécialisé; très facile pour le tendon, elle est moins aisée sans doute pour la cornée, dont le repeuplement est assez pauvre et irrégulier; mais la difficulté est encore bien plus grande et le

repeuplement encore bien plus pauvre quand il s'agit d'un tissu plus hautement spécialisé, comme la média des greffons fonctionnels d'artères mortes, où toutes les cellules qui rentrent doivent se transformer en fibres musculaires lisses.

Lorsqu'il se forme un noyau ostéo-cartilagineux au centre du greffon de cornée, ce qui est la règle, les cellules cornéennes remplaçantes du greffon mort subissent cette nouvelle métaplasie et se comportent exactement comme les cellules cornéennes autochtones du greffon vivant.



Greffe morte de cornée dans le *pavillon* de l'oreille (lapin), au bout de trois mois.
I. Coupe non colorée, montée dans l'eau. — II. Coupe colorée à l'hémalun-éosine, montée dans le baume.
C, cartilage auriculaire; P, peau de la face externe du pavillon de l'oreille; G, greffon; S, S, soudures des lames de la cornée, par leur tranche, aux tissus de l'hôte (les deux faces du greffon restent libres); D, membrane de Descemet.

La persistance des caractères physiques du greffon mort et l'influence assimilatrice spécifique que sa trame exerce sur les éléments vivants qui viennent la repeupler ne sont pas les seules preuves de la conservation matérielle intégrale de cette trame. Sa structure histologique est restée intacte ; ses lamelles ont encore les plis qu'elle ont pris au moment où le greffon a été inséré dans les tissus de l'hôte, et qui ont subsisté en l'absence de toute action mécanique capable de les détruire ; les faisceaux conjonctifs de ces lamelles ont conservé exactement leur forme et leur disposition — les fibrilles sont seulement un peu plus tassées et plus apparentes dans les greffons morts que dans les greffons vivants.

Comme il arrive dans les lésions pathologiques de la cornée, une vascula-

risation s'est développée dans les deux ordres de greffons, vivants et morts; mais elle reste très discrète et l'installation des capillaires s'est faite le plus simplement possible, sans amener aucun bouleversement du tissu.

Ces faits montrent que la trame des greffons fixés par l'alcool n'est pas une substance « morte », tolérée par les tissus vivants de l'hôte. Toute cette trame a repris ses aptitudes physiologiques normales. Les lamelles se sont soudées par leur tranche aux tissus fibreux de l'oreille et il s'est produit là, dans le greffon inséré mort aussi bien que dans le greffon inséré vivant, une continuité de substance entre les fibres de la cornée et celles des tissus de l'hôte; la disposition, une fois la cicatrisation achevée, est comparable à celle qui existe normalement entre les fibres de nature différente au niveau de la ligne de démarcation entre la cornée et la sclérotique. Cette soudure implique un remaniement localisé, une cicatrisation des parties supposées « mortes ».

D'ailleurs, au niveau des noyaux cartilagineux, le remaniement de la trame se fait exactement de la même façon dans les deux catégories de greffons, ceux qui n'ont jamais cessé d'être vivants et ceux qui ont perdu leur vitalité dans l'alcool, pour la récupérer en même temps qu'ils se repeuplaient de cellules vivantes empruntées aux tissus de l'hôte. On peut donc dire que la trame conjonctive du greffon mort a repris intégralement ses propriétés physiologiques.

A côté des lamelles de cette trame, il existe dans la cornée une membrane qui ne jouit pas des mêmes propriétés à l'état normal, la membrane de Descemet. Cette membrane ne possède que des propriétés mécaniques, elle ne réagit pas aux traumatismes et est inapte à la cicatrisation; dans le greffon elle reste absolument intacte, mais inerte; au bout de 5 mois on peut la retirer par une incision de la pièce, elle est transparente comme du verre, libre de toute adhérence; c'est un corps étranger parfaitement toléré. Le contraste avec les lamelles est saisissant; il met en relief, mieux que tout autre argument, ce qu'il y a de particulier dans les aptitudes de la trame conjonctive. Cette trame n'est ni vivante ni morte; elle possède des propriétés physiques et chimiques qui lui permettent de remplir des fonctions physiologiques dans les tissus vivants; l'expérience montre que la fixation par l'alcool n'altère pas ces propriétés et que la trame reste capable de reprendre ses fonctions lorsqu'on la replace dans des conditions favorables.

Il ne faut pas chercher d'autre explication au phénomène de la reviviscence des greffes mortes. Lister, mis en présence de ce phénomène au

cours de ses recherches sur les ligatures, avait supposé que le tissu mort du catgut était remplacé, dans sa forme, par du tissu vivant. C'est actuellement l'interprétation la plus facilement acceptée : le greffon ne servirait que d'échafaudage provisoire. Cette théorie *a priori*, qui a pour elle de sauver les notions courantes sur la vitalité des tissus, est formellement contredite par l'expérimentation, pratiquée sur des objets favorables, et par l'étude histologique précise de toutes les phases du processus.

PHYSIOLOGIE. — *Relation entre la concentration moléculaire du sang des Crustacés et celle du milieu extérieur.* Note de M. **Marcel Duval**, présentée par M. L. Joubin.

On sait, depuis les travaux de Léon Fredericq, Botazzi et Quinton, que le sang de l'invertébré marin est isotonique avec l'eau de mer dans laquelle vit l'animal (même point de congélation pour les deux liquides). On peut se demander si cette égalité de pression osmotique subsiste quand on modifie la concentration du milieu qui baigne l'animal. Le sang de celui-ci va-t-il se diluer ou se concentrer exactement dans les mêmes proportions que le milieu extérieur ou dans des proportions différentes? Nous apportons dans cette Note le résultat de recherches entreprises pour élucider cette question.

Nous avons également étudié un Crustacé d'eau douce, l'écrevisse.

Voici la technique des expériences :

Les crustacés marins (*Carcinus mœnas*, *Platycarcinus pagurus*, *Maia squinado*) pêchés depuis peu de temps à Roscoff et conservés dans le bassin de la station biologique sont placés dans des mélanges d'eau de mer et d'eau douce ou dans de l'eau de mer additionnée de sel marin. Les crustacés d'eau douce (*Astacus fluvialis*) sont placés dans des solutions de sel marin dans l'eau douce.

Après un séjour d'au moins 24 heures, les animaux sont retirés des solutions et saignés par section d'une patte. On détermine le point de congélation du sang ainsi que celui de la solution dont on vient de retirer l'animal. Les tableaux et le graphique ci-après résument les résultats obtenus. L'eau de mer de Roscoff se congelait à — 1°98 et sa teneur en sels était de 36,4 pour 1000.

Il ressort à la lecture de ces documents que, comme cela est connu depuis longtemps, l'écrevisse se différencie des Crustacés marins par une constance remarquable de son milieu intérieur.

Les trois Crustacés marins étudiés se comportent d'une façon toute autre. Leur milieu intérieur subit de grandes variations de concentration.

Carcinus mœnas (1).

Δ solution.	Δ sang.
$-2°,88$	$-2°,86$
	$-2,87$
$-2,41$	$-2,37$
$-1,98$	$-1,98$
	$-1,99$
$-1,39$	$-1,75$
$-1,10$	$-1,67$
$-0,78$	$-1,56$
	$-1,34$
	$-1,38$
	$-1,58$
$-0,63$	$-1,30$
$-0,35$	$-1,34$
	$-1,40$
$-0,17$	$-1,18$
	$-1,27$

Platycarcinus pagurus (2).

Δ solution.	Δ sang.
$-2°,41$	$-2°,40$
$-1,98$	$-1,98$
$-1,41$	$-1,47$
$-1,10$	$-1,26$

Maia squinado (3).

Δ solution.	Δ sang.
$-2,42$	$-2,42$
$-1,98$	$-1,98$
$-1,60$	$-1,60$
$-1,30$	$-1,35$

Astacus fluvialis (3).

Δ solution.	Δ sang.
$-0,02$	$-0,80$
	$-0,81$
$-0,85$	$-0,84$
$-1,00$	$-0,83$
$-1,45$	$-0,93$
$-1,90$	$-0,92$
$-2,60$	$-1,05$

Dans l'eau de mer sursalée, le *Carcinus*, le *Platycarcinus* et la *Maia* réagissent tous les trois d'une manière identique : leur sang se concentre exactement, ou presque, dans les mêmes proportions que l'eau de mer environnante. Les courbes de ces crustacés se confondent dans cette zone avec la bissectrice qui est le lieu géométrique des points correspondants à une même pression osmotique des milieux intérieur et extérieur.

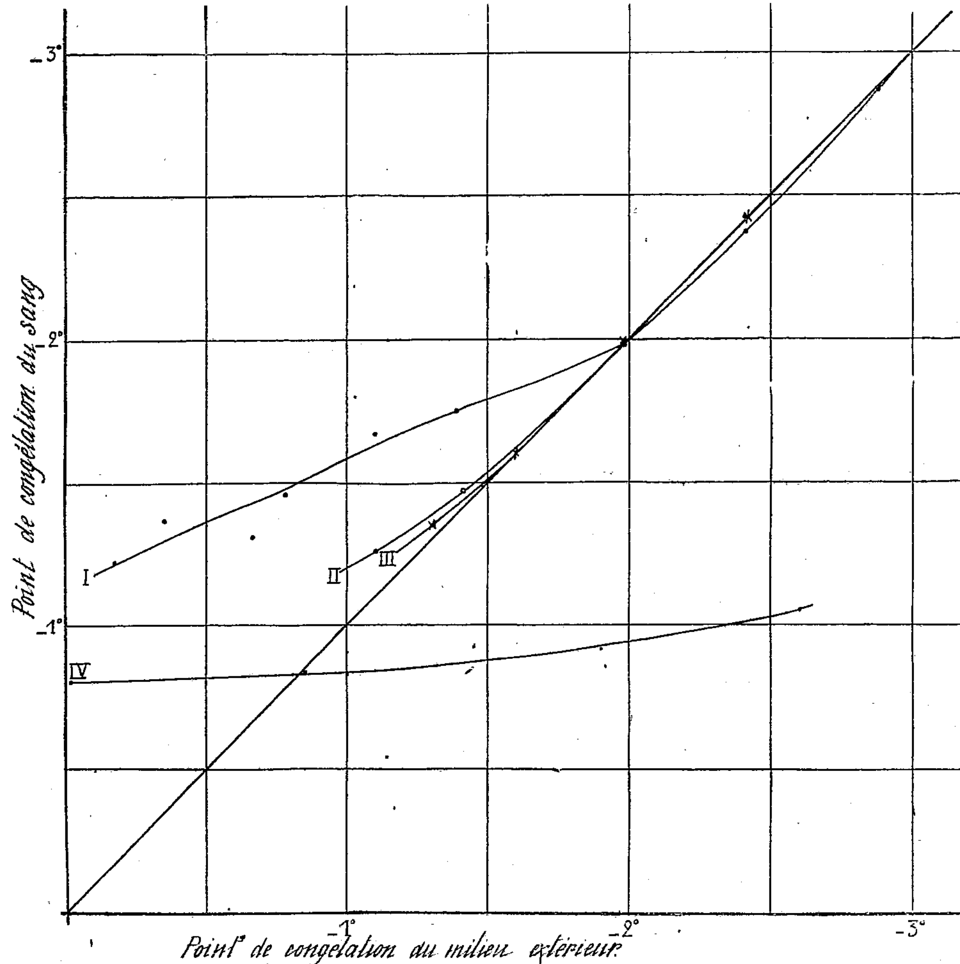
Dans l'eau de mer diluée, le *Carcinus mœnas* se distingue de la *Maia* et du *Platycarcinus*. Le milieu intérieur de ces deux derniers se dilue dans les mêmes proportions que l'eau de mer qui les entoure. Leur courbe est très voisine de la bissectrice. Au contraire la courbe du *Carcinus mœnas* s'en écarte beaucoup.

Celui-ci manifeste une très notable indépendance de son milieu intérieur qui n'est plus du tout isotonique avec le milieu ambiant mais hypertonique et cette hypertonie paraît bien correspondre à un état d'équilibre car même après un séjour de trois semaines de l'animal dans la solution de $\Delta = -0°,63$,

(1) Durée du séjour : 26 heures.
(2) » 42 heures.
(3) » 24 heures.

le Δ de son sang était le même qu'au bout de 24 heures, aux écarts individuels près qui sont assez notables comme on le voit sur le tableau.

Le fait que le milieu intérieur du *Carcinus mœnas* se dilue beaucoup



I. Carcinus mœnas. — II. Platycarcinus pagurus. — III. Maia squinado. — IV. Astacus fluviatilis.

moins que le milieu extérieur quand l'animal passe de l'eau de mer dans de l'eau moins salée est à rapprocher, pensons-nous, du fait bien connu que ce crabe est adapté aux changements de salinité et peut vivre dans l'eau saumâtre. Le *Platycarcinus* et la *Maia* qui ne se rencontrent jamais dans l'eau de mer diluée ne présentent pas cette particularité physiologique. Ces deux Crustacés meurent en moins de 24 heures dans de l'eau de Δ inférieur à — 1°, 10. Au contraire, des *Carcinus* plongés dans de l'eau de Δ = — 0°, 63

étaient tous bien vivants après un séjour de 3 semaines et semblent pouvoir vivre indéfiniment dans ce milieu peu salé.

En résumé, les crustacés marins maintiennent très sensiblement leur milieu intérieur isotonique avec le milieu extérieur quand on modifie la concentration de ce dernier. Cependant le *Carcinus mænas*, crustacé adapté aux changements de salinité, conserve une notable indépendance de son milieu intérieur quand on le transporte dans l'eau saumâtre. La pression osmotique de son sang est toujours supérieure à celle de l'eau de mer diluée qui l'environne.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Préparation et dosage de la méthémoglobine*. Note de MM. **Maurice Nicloux** et **Georges Fontès**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La méthémoglobine, comme des travaux très nombreux l'ont montré, peut être obtenue à partir de l'oxyhémoglobine par les réactions les plus variées : les agents physiques, tels que la chaleur, les agents chimiques à fonction oxydante ou réductrice, voire indifférents chimiquement, peuvent provoquer tour à tour la formation de ce pigment; par ailleurs on ne le connaît que bien imparfaitement : la simple question de savoir par exemple quelle est la quantité d'oxygène moléculaire qu'il fixe est encore discutée ; sa préparation reste délicate si l'on veut l'obtenir pure, exempte des réactifs qui lui ont donné naissance et éviter les processus putréfactifs qui la transforment en hémoglobine ; son dosage enfin n'a été qu'esquissé.

Ces quelques notions classiques que nous nous sommes permis de rappeler soulignent, du fait même de leur diversité, la difficulté réelle que présente l'étude de ce curieux pigment, et il nous a semblé que, dans cette voie, une méthode facile de préparation mettant entre les mains de l'expérimentateur un produit stable identique à lui-même et une technique simple de dosage pourraient rendre quelques services ; voici rapidement exposés (¹) l'une et l'autre.

I. *Préparation*. — L'un de nous a signalé incidemment (²) dans un travail sur le dosage de l'oxyde de carbone dans l'air par la méthode au sang que le sang (de bœuf), additionné du $\frac{1}{10}$ de son volume d'alcool à 95°, devient

(¹) Un Mémoire d'ensemble paraîtra dans un autre Recueil.

(²) Maurice Nicloux, *Sur le dosage de l'oxyde de carbone dans l'air* (*Bulletin de la Société chimique de France*, 1923, 4e série, t. 33, p. 816-822).

imputrescible et que l'oxyhémoglobine se transforme au bout d'un certain temps et progressivement en méthémoglobine. Cette transformation, lente à la température ordinaire du laboratoire, est accélérée par l'élévation de la température : en une semaine environ elle est à peu près totale à l'étuve à 37°, il faut six semaines environ à la température ordinaire pour arriver au même résultat. Le sang, maintenu autant que possible au contact d'oxygène pur, se laque d'abord, puis change de teinte, de rouge vermeil qu'il était, devient brun, brun foncé, puis prend enfin la couleur *sepia* caractéristique de la méthémoglobine, on ne constate pas la moindre odeur de putréfaction ; le pigment n'est pas altéré, même après plusieurs mois ([1]) le liquide est limpide et l'on ne constate la présence d'aucun dépôt.

Cet énorme avantage qu'a l'alcool de rendre le sang imputrescible et d'empêcher le retour de la méthémoglobine à l'hémoglobine par les processus réducteurs qui accompagnent toujours la putréfaction, et à laquelle elle est si particulièrement sensible; la possibilité, *ipso facto*, de manipuler des solutions de méthémoglobine, toujours identiques entre elles, dans un milieu absolument comparable au sang lui-même ([2]), ont permis une étude facile et précise du dosage du pigment, et dans des conditions — fait particulièrement intéressant — qui seront celles de l'expérimentation physiologique.

II. *Dosage de la méthémoglobine en présence d'oxyhémoglobine* (*ou d'hémoglobine*) : *Principe.* — La méthémoglobine ne se combine pas à l'oxyde de carbone, l'oxyhémoglobine (ou l'hémoglobine) s'y combine, au contraire, en donnant de l'hémoglobine oxycarbonée. Si donc on agite au contact de CO le mélange des deux pigments, la quantité de CO fixée, déterminée quantitativement, est proportionnelle à la quantité d'oxyhémoglobine, elle la mesure ; soit a cette quantité.

Pour en déterminer maintenant la *proportion* par rapport à la somme totale des deux pigments, on traite le mélange, oxyhémoglobine + méthémoglobine, par un réducteur (hydrosulfite de sodium), l'oxyhémoglobine se transforme *intégralement* en hémoglobine, et la *méthémoglobine également;* si donc on opère en présence d'oxyde de carbone on obtiendra quantitativement de l'hémoglobine oxycarbonée dérivant à la fois, et de l'oxyhémoglobine et de la méthémoglobine; la quantité d'oxyde de carbone fixée mesure, dans ces conditions, la somme des deux pigments, soit b, cette quantité.

On a évidemment :

$$\text{Proportion pour 100 d'oxyhémoglobine} \ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{a}{b} \times 100.$$

$$\text{Proportion pour 100 de méthémoglobine} \ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{b-a}{b} \times 100.$$

([1]) Je possède des échantillons de sang datant de septembre 1921.

([2]) Les albumines en particulier ne sont l'objet d'aucune tentative de séparation.

Technique. — Nous la décrirons très succinctement, nous réservant de la faire connaître en détail dans notre Mémoire d'ensemble.

Un volume déterminé de sang, 10 ou 20^{cm^3}, est agité pendant 1 heure au contact de CO pur, on se débarrasse par le vide des gaz dissous physiquement, et l'on extrait ensuite l'oxyde de carbone au moyen de l'appareil de Nicloux ([1]), la quantité de CO est déterminée ensuite par une analyse eudiométrique, au moyen de l'eudiomètre de Gréhant ou du micro-eudiomètre de Nicloux ([2]).

Le même volume de sang, mis à l'avance au contact de CO, est additionné d'hydrosulfite de sodium en dissolution ammoniacale étendue, on agite ensuite pendant une heure et l'on répète, pour le dosage, les opérations décrites ci-dessus.

On possède ainsi tous les éléments nécessaires au calcul des proportions relatives de l'oxyhémoglobine et de la méthémoglobine.

Justification et contrôle. — Après avoir vérifié, par de multiples expériences, l'exactitude du dosage du pigment seul, nous avons préparé des mélanges renfermant respectivement 80, 60, 40, 20 pour 100 de méthémoglobine (sang méthémoglobinisé), avec le complément à 100 d'oxyhémoglobine (sang frais). Nos analyses nous ont donné respectivement : 77, 62, 40, 22 pour 100; les erreurs sont de l'ordre de celles des mesures elles-mêmes.

En résumé, le traitement du sang par le dixième de son volume d'alcool fournit un moyen extrêmement simple de préparer la méthémoglobine; sa réduction, d'abord à l'état d'hémoglobine, et la transformation ultérieure de celle-ci en hémoglobine oxycarbonée, en permet le dosage dans des conditions tout à fait suffisantes d'exactitude.

BIOLOGIE. — *La spanandrie (disette de mâles) géographique chez un Crustacé Branchiopode :* Lepidurus apus *(L.)*. Note de M. **A. Vandel**, présentée par M. F. Mesnil.

Lepidurus apus (L.) (= *L. productus* Bosc) est une espèce largement répandue dans l'Europe moyenne et septentrionale. La limite méridionale de son aire de répartition paraît être le midi de la France. Plus au sud, cette espèce est remplacée par une forme très voisine, *L. lubbocki* Brauer, connue d'Italie (Rome), de Sicile, d'Algérie et de Tunisie.

([1]) Maurice Nicloux, *Appareil pour l'extraction de l'oxyde de carbone du sang. Application* (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 75, 1913, p. 57; *Bulletin de la Société chimique de France*, 4e série, t. 13, p. 947-952).

([2]) Maurice Nicloux, *Eudiomètre pour de petites quantités de gaz. Application* (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 85, 1921, p. 118).

Le mode de reproduction de *L. apus* varie suivant les régions. Dans le nord et l'est de l'Europe, les mâles sont très rares et la reproduction est presque exclusivement parthénogénétique. Les mâles n'ont jamais été rencontrés en Scandinavie (Lundblad, 1921). En Russie, on n'a trouvé que deux exemplaires mâles de *L. apus*, une fois, en 1876, l'autre fois en 1906 (Zograf). En Allemagne, où ce crustacé est commun, le nombre de mâles rencontrés est infime par rapport au grand nombre d'individus examinés. L'immense majorité des colonies de *L. apus*, signalées en Allemagne, est exclusivement parthénogénétique. Cependant, aux environs de Breslau, on a observé plusieurs fois des mâles, toujours en petit nombre d'ailleurs. Von Siebold a relevé les chiffres suivants : en 1866, 992 ♀ + 7 ♂ ; en 1871, 237 ♀ + 2 ♂ — 193 ♀ + 2 ♂ — 588 ♀ + 5 ♂ — 645 ♀ + 6 ♂ — soit, au total, 8 pour 1000 de ♂. Toujours aux environs de Breslau, F. Braem a trouvé trois mâles en 1867 et un autre en 1895. En dehors de Breslau, les mâles de *L. apus* n'ont été que bien rarement signalés en Allemagne. A. Brauer note la capture, en 1914, d'un exemplaire mâle aux environs de Berlin. E. Hesse a trouvé quatre mâles près de Leipzig en 1897-1898, et, en 1915, il mentionne la capture de trois mâles à Nauen, près de Berlin.

Cette liste, que je crois complète, montre l'extrême rareté des mâles de *L. apus*, dans l'Europe centrale. En tout, 36 mâles signalés jusqu'ici, nombre infime si on l'oppose aux milliers d'individus observés dans le centre de l'Europe, et en particulier en Allemagne.

En France, au contraire, la proportion des sexes est toute différente. A Pont de l'Arche, près de Rouen, Lubbock, en 1863, trouve 33 ♂ sur 72 individus. A Ivry, près Paris, E. Simon, en 1875, compte 22 ♂ sur 64 individus et, en 1886, au même endroit, seulement 10 pour 100. Non loin de là, près de Choisy-le-Roi, J. Jézéquel trouve, le 8 mai 1920, des mâles en excès : 323 ♂ pour 63 ♀. Aux environs d'Angers, L. du Reau de La Gaignonnière (1908) trouve 130 ♂ pour 440 ♀, et 60 ♂ pour 100 ♀.

Les observations que j'ai faites, aux environs de Toulouse, sont en complet accord avec les données précédentes. En voici le relevé :

1923. Avril. Busca. Très nombreux mâles, et tentatives d'accouplement. Je n'ai pas relevé exactement la proportion des sexes.

1924. 11 mars. Bois de la Ramette (pêche de MM. Bonnet et Delmas). 12 ♀ + 11 ♂.
18 mars. Busca. 45 ♀ + 33 ♂.
21 mars. Busca. 50 ♀ + 65 ♂.
7 avril. Busca (pêche de M. Micouleau). 10 ♀ + 29 ♂.
9 mai. Busca. 4 ♀ + 2 ♂.
Au total, 121 ♀ pour 140 ♂, c'est-à-dire une légère prédominance de mâles.

Conclusion. — Le mode de reproduction de *Lepidurus apus* varie suivant les régions. Dans le nord et l'est de l'Europe, les mâles sont rarissimes et la reproduction est presque exclusivement parthénogénétique. Dans les régions occidentales et méridionales, le nombre des mâles est égal et parfois supérieur à celui des femelles, et la voie sexuée est le mode normal de reproduction. F. Brauer (1877), F. Braem (1893), E. Wolf (1908) avaient déjà signalé que, chez beaucoup d'espèces de Branchiopodes du nord de l'Europe, les mâles sont rarissimes ou inconnus, alors que l'égalité des sexes est la règle dans les espèces méditerranéennes ou africaines. Mais, l'exemple étudié dans cette Note est particulièrement net du fait que la variation du mode de reproduction se produit, dans ce cas, *à l'intérieur de la même espèce*.

C'est un exemple très net du phénomène que j'ai appelé *spanandrie géographique* (1), c'est-à-dire la disparition des mâles dans les régions septentrionales. Il est tout à fait comparable à celui que j'ai signalé, l'année dernière, chez un Isopode terrestre : *Trichoniscus* (*Spiloniscus*) *provisorius* (2). La région toulousaine, qui confine à la zone méditerranéenne, constitue la limite méridionale de beaucoup d'espèces du nord et du centre de l'Europe; elle est, pour cette raison, particulièrement favorable pour l'étude des phénomènes de spanandrie géographique et de variations du mode de reproduction en rapport avec la latitude.

Les *Lepidurus apus* de Toulouse, quoique se reproduisant habituellement par voie sexuée, sont-ils capables de se multiplier par parthénogenèse? C'est ce que des expériences en cours me permettront, j'espère, de bientôt résoudre.

PROTISTOLOGIE. — *Sur un infusoire parasite de la cavité générale des larves de Chironomes. Sa sexualité.* Note de MM. **Marc Treillard** et **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

Nous avons observé, dans la cavité générale de larves de quelques *Chironomus plumosus* (3), des ciliés en assez grand nombre. 600 larves environ ont été examinées dès leur arrivée au laboratoire. 13 furent trouvées

(1) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1742.
(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 793.
(3) Ces larves, achetées chez un marchand, provenaient probablement des environs de Paris. Nous n'avons pu avoir de précisions sur leur origine exacte.

parasitées, mais elles provenaient toutes du même lot de 300 larves. 300 larves de lots différents n'ont pas montré de parasites.

Au point de vue morphologique, leur forme, leur système ciliaire ([1]), leur appareil buccal, leur appareil nucléaire sont en tous points identiques à ceux de *Glaucoma piriformis*, infusoire à vie libre. Cela n'est point pour nous surprendre. L'un de nous, en effet, a montré qu'en inoculant des cultures de *Glaucoma piriformis* à des chenilles de *Galleria mellonella*, on réalisait à coup sûr une infection mortelle ([2]). Les *Glaucoma* semblent donc avoir des potentialités pathogènes assez étendues. Nous n'avons pas vu le mode de pénétration du Glaucome chez les larves de Chironomes qui ne présentaient aucune lésion apparente. Il n'y avait pas sur ces larves de kystes externes.

Il est cependant probable que l'infection se fait à partir d'un seul individu. On trouve en effet des larves ne renfermant qu'un très petit nombre de parasites qui se multiplient activement et l'infection devient très dense en 48 heures. L'évolution de l'infection, depuis la pénétration d'un individu jusqu'à la mort de la larve, terminaison naturelle de cette infection, doit durer environ 8 jours. Les infusoires, très mobiles, sont libres dans le sang de la larve dont la mort ne survient que lorsque le nombre des ciliés est devenu considérable.

Au point de vue cytologique, une seule particularité est à noter : les infusoires possèdent, disséminés dans le cytoplasme, un grand nombre de grains d'un pigment ocre, probablement dérivé de l'hémoglobine de la larve ([3]). Parmi les infusoires, il semble que jusqu'ici l'on n'ait décrit de pigment dérivé de l'hémoglobine que chez l'*Hæmatophagus megapteræ* (Woodcock et Lodge 1921) ([4]), qui se nourrit du sang de baleine (*Megaptera nodosa*).

D'autre part nous avons constaté que, dans 5 des 13 larves parasitées que nous avons examinées, les infusoires étaient en conjugaison. Au point

---

([1]) Nous avons étudié le système ciliaire sur des préparations à la cyanochine, suivant la méthode de Bresslau qui donne d'excellents résultats. Nous nous sommes servis de cyanochine Microcolor.

([2]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 106.

([3]) La nutrition du parasite doit être en partie diffusive, puisqu'il absorbe l'hémoglobine dissoute dans le sang de la larve, mais il contient aussi des globules de graisse provenant du corps gras de l'hôte.

([4]) *British antarctic* (*Terra Nova*) *Expedition* 1910 (*Natural History Report; Protozoa*, vol. 6, n° 1, 1921, p. 7).

de vue cytologique, cette conjugaison ne diffère pas beaucoup du schéma classique. L'appareil nucléaire au repos comprend un macronucléus renfermant une concrétion de nature indéterminée et un micronucléus sphérique avec membrane nucléaire nette.

A la première division du micronucléus, on note un stade de prophase asymétrique auquel succède une plaque équatoriale. Le fuseau est extrêmement long, souvent recourbé en U. Nous n'avons pas vu la deuxième division des micronucléi, non plus que la troisième division formative des pronucléi. Ceux-ci se présentent comme deux masses sphériques volumineuses (9^{μ} de diamètre) avec membrane nucléaire nette. Ils sont beaucoup plus volumineux que le micronucléus des ciliés au repos ou que les micronucléi de rebut (ces derniers identiques entre eux).

L'échange des pronucléi qui se fait par la bouche est hétérochronique. En effet, le diamètre de l'orifice buccal est environ moitié de celui des pronucléi. Ceux-ci passent donc chacun à leur tour. On voit, sur les préparations colorées, l'un des pronucléi mâles, doués d'une certaine élasticité, s'insinuer dans l'anneau formé par les orifices buccaux accolés. Il s'étire alors en haltère pour reprendre, une fois passé, sa forme sphérique. On trouve donc des couples de conjugants dans lesquels l'un des conjoints ne renferme (en dehors des micronucléi de rebut et du reste du macronucléus) que le pronucléus femelle, l'autre conjoint contenant un pronucléus femelle et deux pronucléi mâles. L'un de ceux-ci émigrera vers le premier conjoint. C'est après cette émigration que se fera la séparation des conjugants. Le syncarion se forme peu après cette séparation. Nous n'avons pas vu la reconstruction de l'appareil nucléaire. Les conjugants ont la même taille que les non-conjugants (40^{μ} sur 28^{μ}) et l'infection des larves azygogènes est aussi intense que celle des larves zygogènes.

Remarquons que tous les infusoires d'une même larve sont, à très peu de chose près, au même stade. Dans huit des treize larves parasitées, il n'y avait ni conjugaison ni modifications pré ou postsexuelles de l'appareil nucléaire; dans les cinq autres larves, les infusoires étaient en conjugaison dans la proportion de 15 à 35 pour 100, le reste des parasites étant tous des pré ou des ex-conjugants : dans deux larves les pronucléi étaient au stade préparatoire de la première division, ou en anaphase. Dans trois larves, les pronucléi étaient formés chez tous les infusoires et l'on pouvait voir chez les uns le passage des pronucléi tandis que chez les autres, l'échange était accompli et les ciliés venaient de se séparer; très rares syncaryons.

Or l'influence prédominante du milieu sur le déterminisme de la sexualité chez les Infusoires à vie libre (*Glaucoma*, *Colpidium*) a été démontrée par E. et M. Chatton ([1]). Chez les Infusoires parasites du tube digestif, aussi bien chez les Nicollelles et les Collinelles ([2]) que chez les Opalines et les Balantidium, la sexualité paraît bien sous la dépendance de facteurs externes. Enfin, la conjugaison de l'astome *Orchitophnya* coïnciderait, d'après Cépède ([3]), avec la spermatogénèse de l'hôte : *Asteracanthion rubens*. Il résulte aussi des observations de Caullery et Mesnil ([4]) que, chez une grégarine du genre *Gonospora*, parasite cœlomique des formes épitoques nageuses de *Dodecaceria concharum*, l'accouplement a lieu au moment du développement des produits génitaux de l'hôte.

Le synchronisme étroit des phénomènes sexuels que nous observons chez tous les Glaucomes parasites d'une même larve de Chironome semble également montrer que la conjugaison de ces ciliés obéit à un déterminisme assez précis sous la dépendance d'une modification sanguine de la larve parasitée.

La séance est levée à $16^h 10^m$.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 12 mai 1924.)

Note de M. *Paul Flamant*, Sur la forme des solutions d'une équation différentielle fonctionnelle :

Page 1596, ligne 11, *au lieu de* $\log\left(1-\frac{x_0}{x}\right)$, *lire* $\log\left(1-\frac{x}{x_0}\right)$; ligne 4 en remontant, *au lieu de* $f(x)\varphi(x)\log x$, *lire* $f(x)\varphi(x)+\psi(x)\log x$; ligne 3 en remontant, *au lieu de* où $\varphi(x)$ désigne, *lire* où $\psi(x)$ désigne.

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1091 et 1262.
([2]) Chatton et Pérard, *Bull. Biol. France Belgique*, t. 55, fasc. 1, 1921, p. 87.
([3]) *Arch. Zool. Exp.*, t. 43, 1910, p. 341.
([4]) *Ann. Univ. Lyon*, t. 39, 1898, p. 190.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 MAI 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret, en date du 17 mai 1924, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Serge Winogradsky** pour occuper la place vacante parmi les Associés étrangers par la mort de M. *van der Waals*.

Il est donné lecture de ce décret.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le professeur **Niels Erik Nörlund**, de Copenhague, qui assiste à la séance.

PHOTOGRAPHIE. — *Sur le développement de l'image latente après fixage.* Note de MM. **L. Lumière**, **A. Lumière** et **A. Seyewetz**.

Lorsque le bromure d'argent, à l'état où il se trouve dans les préparations photographiques, est soumis à l'action de la lumière, on sait qu'il subit une modification permanente que la simple inspection ou l'analyse chimique ne permettent pas de mettre en évidence, mais qui peut cependant être révélée par certains réactifs.

La nature de cette modification latente n'a pu encore être déterminée. Il est probable qu'elle consiste en un commencement de réduction du bromure d'argent, formant, à l'état de traces, une sorte de sous-bromure n'intéressant les grains d'haloïde qu'en certains éléments de leur surface pour constituer ce que divers auteurs ont appelé des « germes » ou qui corres-

pondraient, d'après d'autres expérimentateurs, aux points d'impact de quanta d'énergie ayant atteint ces grains.

Ce début de transformation chimique semble très admissible si l'on remarque que les effets plus prolongés de la lumière sur les composés métalliques s'exercent toujours dans le sens de la réduction.

La combinaison argentique qui forme l'image latente sur les plaques photographiques a été mise en évidence depuis fort longtemps par le procédé de développement après fixage ([1]).

A cet effet, on traite la plaque impressionnée par une solution d'hyposulfite de soude qui dissout le bromure d'argent non altéré par la lumière et qui laisse subsister dans la couche de gélatine la substance modifiée par la radiation lumineuse, substance invisible même aux plus forts grossissements, mais qui peut être décelée par les développateurs physiques.

Ces derniers sont des réactifs renfermant, en proportions convenables, un sel d'argent soluble additionné de certains révélateurs organiques : paraphénylène-diamine, par exemple, réduisant lentement le sel d'argent en milieu alcalin pour donner des particules métalliques qui viennent, à l'état naissant, se fixer électivement sur les éléments constituant l'image latente.

Le développement après fixage, qui peut s'effectuer en plein jour, n'avait guère permis jusqu'ici d'obtenir des images acceptables; les résultats auxquels il conduisait étaient irréguliers et il présentait l'inconvénient d'exiger une durée d'exposition environ dix fois plus longue que celle qui était nécessaire pour donner de bonnes images par la méthode photographique ordinaire.

Il nous a paru intéressant de chercher à remédier à ces inconvénients, et pour cela, nous avons étudié quelques-unes des propriétés du composé invisible qui constitue l'image latente.

Nous avons, tout d'abord, constaté que ce composé — et, par conséquent, l'image latente, — est détruit par le séjour prolongé dans l'hyposulfite de soude et que l'on peut ralentir cette destruction en additionnant le bain de fixage d'un corps alcalin : ammoniaque, alcalis caustiques, phosphate de soude, etc.

([1]) Jung, *Eders Ausführliches Handbuch der Photographie*, 2. Aufl., B. 11, 1858, p. 43. — Kögelmann, *Die Isolierung der Substanz der latenten photographischen Bilder*. Graz, 1899. — Sterry, *Photography*, 1898, p. 260 à 289. — Neuhauss, *Photog. Rundchau*, 1899, p. 257; 1904, p. 54. — A. et L. Lumière et Seyewetz, *Bull. Soc. franç. Photogr.*, t. 2, 1911, p. 264 et 373. — Leffmann, *British Journal of Photogr.*, vol. 71, n° 3325, 1924, p. 49.

En employant une solution d'hyposulfite de soude à 30 pour 100 additionnée de 10^{cm^3} par litre d'ammoniaque de densité $D = 0,925$ environ, et en ne prolongeant pas au delà de 5 minutes la durée d'immersion de la plaque dans ce bain, nous avons réussi à respecter complètement l'image latente de sorte que, grâce à ces remarques, nous avons pu éviter les longues durées d'exposition et faire apparaître tous les détails des phototypes avec des durées de pose normales.

Nous avons constaté, en outre, que le lavage de la plaque, après fixage, dans l'eau ordinaire ou dans l'eau distillée, détruit aussi, peu à peu, l'image latente; le phénomène est accéléré quand l'eau de lavage est acide et il est, au contraire, retardé lorsqu'elle est alcaline.

Il convient donc d'alcaliniser l'eau qui sert à laver les plaques après leur traitement par l'hyposulfite de soude et de limiter à une heure au maximum la durée de cette opération.

Grâce à ces perfectionnements à la méthode de développement après fixage [1] on parvient à obtenir, avec des temps de pose normaux, des images dont l'aspect et les caractères rappellent ceux des clichés au collodion, pour la raison d'ailleurs qu'elles prennent naissance par un processus analogue de développement physique.

Le grain de ces images offre des particularités sur lesquelles nous devons porter notre attention parce qu'elles nous éclairent sur le mécanisme de l'intensification desdites images et parce que la connaissance de la structure de l'argent réduit qui les constitue peut être mise à profit dans certaines applications.

Dans le procédé photographique ordinaire, l'image développée est formée par des grains très irréguliers aussi bien comme forme que comme dimensions, ainsi que le montre la figure 1.

Au contraire, dans le développement après fixage, l'argent réduit, qui vient peu à peu se fixer sur les éléments invisibles formant l'image latente,

---

[1] Le révélateur qui paraît le mieux convenir est composé de la façon suivante :

Solution A...	Eau	1000
	Sulfite de soude anhydre	180
	Solution de nitrate d'argent à 10 pour 100	75
Solution B...	Eau	1000
	Sulfite de soude anhydre	20
	Paraphénylène-diamine	20

Employer 150^{cm^3} de solution A pour 30^{cm^3} de solution B.

paraît se déposer sous forme de particules parfaitement régulières et qui sont tellement petites, au début, qu'il est très difficile d'en déterminer la forme et les dimensions.

En prolongeant la durée du développement, ces particules grossissent et leur forme qui semblait sphérique prend un aspect polyédrique. Après dix à douze heures de développement, les grains argentiques atteignent les dimensions moyennes des particules de bromure d'argent initiales, mais on peut, en continuant l'action du révélateur, faire croître progressivement le volume de ces particules qui se nourrissent ainsi, en quelque sorte, à la manière des cristaux, tout en conservant très approximativement leur uniformité.

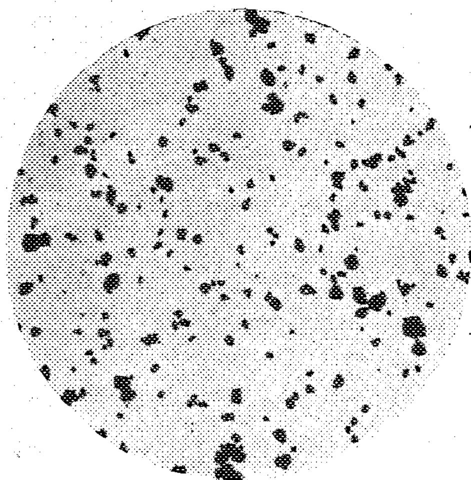


Fig. I. — Développement chimique habituel (diamidophénol).

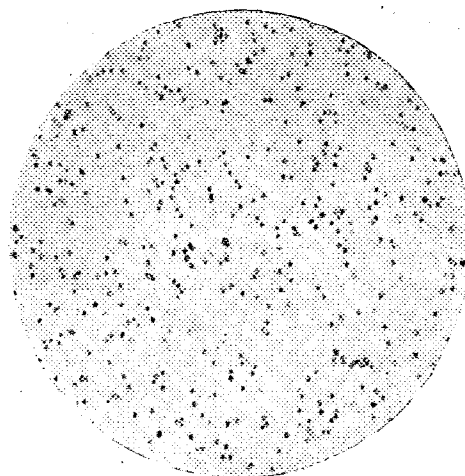


Fig. II. — Développement après fixage. Durée du développement : 1 heure.

Grossissement : 900 diamètres.
(Plaque au gélatino-bromure d'argent étiquette bleue Lumière.)

En examinant attentivement les éléments ainsi constitués, lorsqu'ils ont acquis un certain volume, on constate qu'ils affectent la forme de lamelles ou de polyèdres présentant une section hexagonale et se comportent comme des cristaux véritables. Cet aspect est nettement visible sur certaines particules dans les figures V et VI.

Il est curieux de constater que la dimension des particules d'argent déposées est indépendante de celle des grains de AgBr présentant les points d'élection. Ce caractère permet donc d'obtenir des images très fines aussi bien avec les préparations extra-rapides à gros grains qu'avec les émulsions lentes, ainsi que le montrent les figures VII et VIII.

Quand on renforce l'image obtenue par développement après fixage au moyen du procédé à l'iodure mercurique, par exemple, les mêmes phéno-

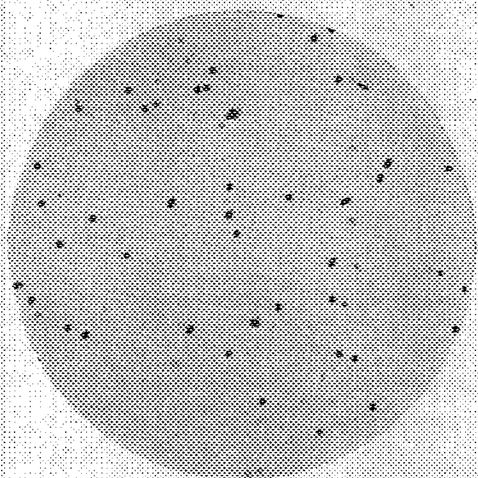


Fig. III. — Durée du développement : 3 heures.

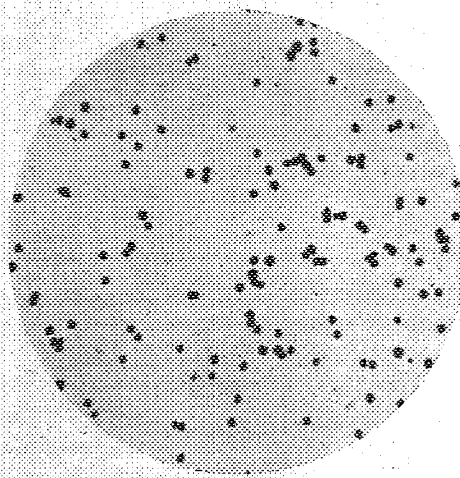


Fig. IV. — Durée du développement : 7 heures.

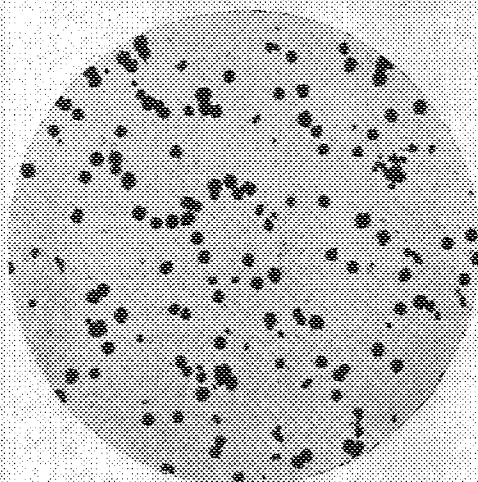


Fig. V. — Durée du développement : 24 heures.

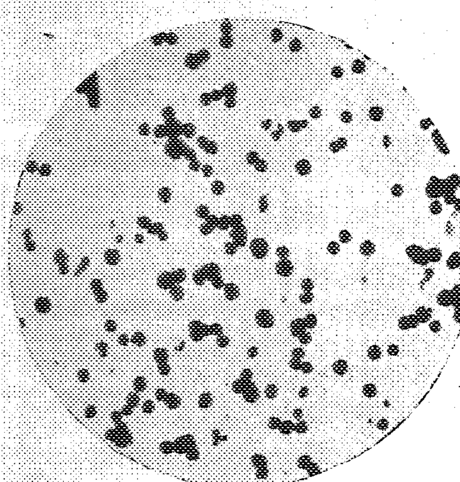


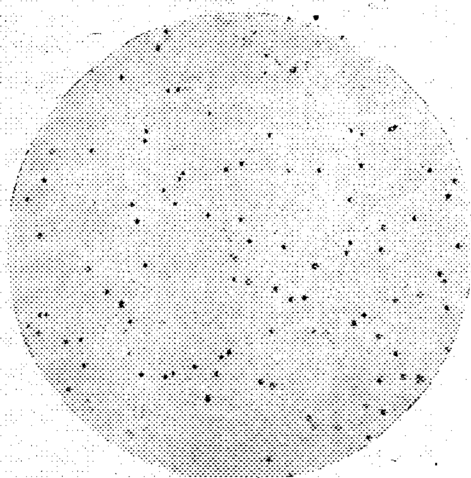
Fig. VI. — Durée du développement : 48 heures.

Grossissement : 900 diamètres.

mènes de grossissement granulaire paraissent se manifester. C'est ce résultat que les figures IX et X font ressortir.

L'une des conditions indispensables à la réussite du développement après fixage réside dans l'emploi de cuvettes en verre parfaitement propres : les

cuvettes en porcelaine ou en autres matières présentent des pores qui



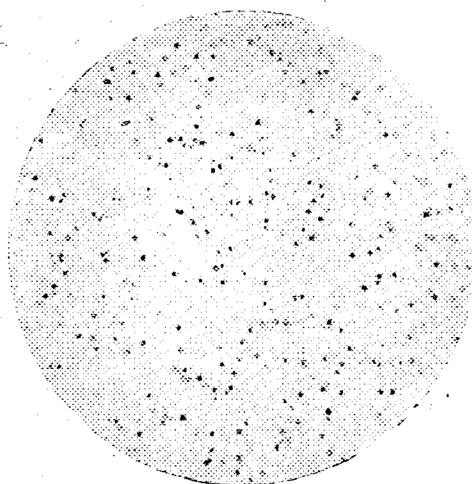
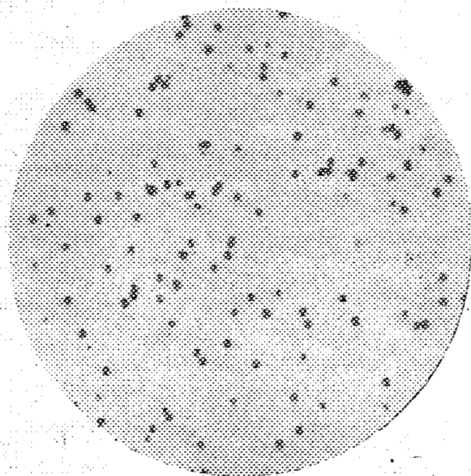


Fig. VII. — Plaque extra-rapide à gros grains. Fig. VIII. — Plaque lente à grains fins.
Durée du développement : 1 heure.
Grossissement : 900 diamètres.

Développement après fixage. (Durée du développement : 5 heures.)



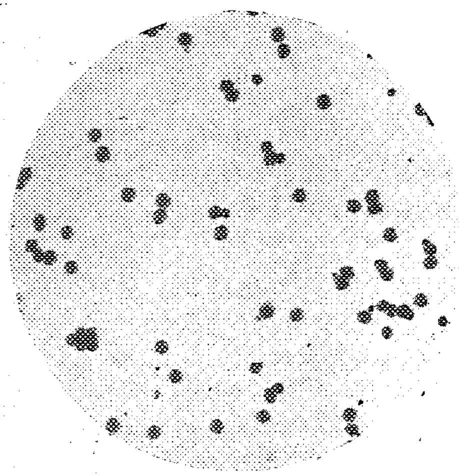


Fig. IX. — Image non renforcée. Fig. X. — Image renforcée avec l'iodure mercurique.
Grossissement : 900 diamètres.

retiennent des impuretés à leur surface et sont autant de points d'attraction pour l'argent naissant qui se forme au sein du révélateur par l'action du

réducteur employé sur le sel d'argent soluble; le bain s'épuise alors en pure perte et devient promptement inactif.

Quand on veut obtenir des images intenses à grains volumineux, il est nécessaire de renouveler le développateur dès que la réaction interne dont il est le siège se trouve achevée, c'est-à-dire une heure environ après sa préparation.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Les corps gras dans la ration du diabétique.* Note de MM. A. Desgrez, H. Bierry, et F. Rathery.

Nous avons insisté, les premiers, sur la nécessité de *rapports* entre les protéines, les graisses et les hydrates de carbone de la ration, rapports variables avec la *structure* et la fonction chimique des constituants : nous avons, en outre, montré que, dans les quantités minima d'aliments azotés, hydrocarbonés et lipéiques de la ration d'entretien, la proportion indispensable d'aliments de chacun des trois groupes dépend de celle des deux autres, et, qu'en somme, les *minima* sont mobiles et liés entre eux.

Étendues aux diabétiques, ces recherches nous ont conduits à établir, dès 1921, ce que nous avons appelé les *régimes équilibrés.* Dans ces régimes, les protéines, les hydrocarbonés et les graisses doivent figurer en proportions telles que, tout en satisfaisant les équilibres azoté et cétogénique, la ration apporte encore un nombre convenable de calories.

L'École américaine (Allen, Joslin, etc.) a d'abord conseillé l'abstention de toute graisse, dans le régime du diabétique, pour la raison que ces substances sont génératrices de corps acétoniques. D'autres auteurs (Petren, Newburgh et Marsh, etc.) ont préconisé des quantités importantes de corps gras et des proportions extrêmement faibles de protéines.

Nous ne saurions souscrire à cet exclusivisme : *l'équilibre* entre les divers constituants de la ration peut seul fournir un régime satisfaisant, dans les formes simples ou graves du diabète. Le régime, constituant le traitement de fond de cette maladie — qu'on y ajoute ou non la cure d'insuline — a donc une importance de premier ordre. Nous allons nous efforcer de déterminer les proportions de corps gras qu'il doit comprendre, et voir : 1° si ces proportions, dans un même régime, doivent varier avec les divers malades; 2° dans quelle mesure elles dépendent de la structure chimique de ces corps gras; 3° entre quelles limites elles peuvent varier sous l'influence de l'insuline.

I. Pendant 4 jours, on soumet 3 malades présentant des diabètes de gravités différentes [1] au régime I (mêmes espèces alimentaires : haricots verts, pommes de terre, œufs, graisses animales, et en mêmes quantités), puis au régime II, également identique pour les trois malades, mais différent du régime I par un supplément de protéines (viandes maigres).

Pour le régime III, le premier reçoit un supplément de 30g de beurre ; le deuxième, un supplément de 30g de graisse de porc, au premier jour, de 50g au second; le troisième reçoit, pendant deux jours, 50g de graisse de porc et, pour le régime final IV, 40g de beurre et 50g de graisse de porc, de façon à réaliser, successivement, les apports en graisses utilisés chez le premier et le deuxième malade.

Voir dans le tableau ci-contre quelques résultats intéressant diverses périodes du traitement.

Avec les régimes I et II dans lesquels, pour 100 calories, figurent successivement, en chiffres ronds, les protéines pour 12, puis 21 pour 100, les sucres pour 30, puis 27 pour 100, les graisses pour 58, puis 52 pour 100, les excrétions en corps acétoniques, chez ces divers malades, n'ont pas subi de notables variations [2].

Il en est tout autrement pour les régimes III et IV où l'on remarque un déséquilibre en corps gras.

Le régime III — pourcentage en calories de 22 pour les sucres, 18 pour les protéines et 60 pour les graisses — provoque, chez le premier et le deuxième malade, un accroissement des corps acétoniques dès le premier jour, tandis que, chez le troisième, avec les mêmes graisses données successivement, un apport lipéique en calories supérieur à 65 pour 100, s'est montré nécessaire pour déclancher l'acétonurie.

Les degrés d'intensité des acétonuries (corps cétoniques et acide β-oxybutyrique) provoquées chez les diabétiques, à la suite de régimes renfermant la même proportion de la même graisse, trouvent donc leur justification dans le degré de tolérance hydrocarbonée, dans les différences individuelles de capacité de blocage entre corps cétogènes et anticétogènes, ainsi que dans les différentes quantités de réserves hydrocarbonées de ces malades.

---

(1) Le diabétique n° 1, à son entrée à l'hôpital, éliminait par jour 800g de glucose, 1g,90 de corps cétoniques et 6g,80 d'acide β-oxybutyrique; soumis à l'épreuve du jeûne, il éliminait, au deuxième jour, 2g,10 de corps cétoniques et 2g,30 d'acide β-oxybutyrique par 24 heures.

(2) Chez le diabétique n° 2, au cours du régime I, on a vu l'excrétion des corps cétoniques osciller de 0g,50 à 0g,82, et l'acide β-oxybutyrique de 0g,45 à 0g,92.

	Ration.			Éliminations urinaires par 24 heures.				
	Hydrates de carbone.	Protéines.	Graisses.	Glucose.	Corps cétoniques.	Acide cétogène.	Urée.	N total.
Diabétique n° 1.								
Régime I	80g	32g	70g					
Éliminations après le 1er jour	"	"	"	42g	2,40g	3,60g	14,60g	8,10g
» 4e »	"	"	"	36	2,70	4,30	10,75	6,30
Régime II	80	62	70					
Éliminations après le 2e jour	"	"	"	43,50	1,60	3,40	13,60	7,60
Régime III	80	62	100					
Éliminations après le 1er jour	"	"	"	43	3,40	4,80	15,90	8,60
» 2e »	"	"	"	29	3,55	6,40	14	8
» 3e »	"	"	"	53	3,65	7,35	13,80	7,80
Diabétique n° 2.								
Régime I	80	32	70					
Éliminations après le 1er jour	"	"	"	30	1,80	1,70	12,40	8,50
» 4e »	"	"	"	40	0,90	0,45	8,80	5,60
Régime II	80	62	70					
Éliminations après le 2e jour	"	"	"	48	0,90	1	16	9,40
Régime III	80	62	100					
Éliminations après le 1er jour	"	"	"	52	1	1,25	16,20	9,80
Régime IV	80	62	120					
Éliminations après le 1er jour	"	"	"	37	1,10	1,45	14	8,40
Diabétique n° 3.								
Régime I	80	32	70					
Éliminations après le 1er jour	"	"	"	33	0,30	0,30	20,80	8,15
» 4e »	"	"	"	8,80	0,30	0,40	15	8,30
Régime II	80	62	70					
Éliminations après le 2e jour	"	"	"	20	0,35	0,60	32	17,5
Régime III	80	62	120					
Éliminations après le 1er jour	"	"	"	18,60	0,40	0,64	27	14,10
» 2e »	"	"	"	19,70	0,40	0,65	20,3	11,30
Régime IV	80	62	160					
Éliminations après le 1er jour	"	"	"	19,80	0,45	0,80	24,7	13,20
» 2e »	"	"	"	"	0,65	1	"	"

Chez les diabétiques dont la tolérance hydrocarbonée est très faible, et par suite, l'acétonurie importante, les quantités de graisses de la ration doivent être soigneusement déterminées.

II. D'après la théorie de Knoop (β-oxydation), les acides gras pairs, par une série d'oxydations successives, suivies, chaque fois, de la chute de deux maillons de la chaîne, aboutissent fatalement au groupe (pernicieux dans le diabète grave) d'acides contenant 4^{at} de carbone. Il n'en serait plus de même avec les acides à nombre impair d'atomes de carbone.

Nos recherches apportent une vérification nouvelle à cette loi, par l'introduction alternative, dans la ration des diabétiques, d'une graisse (beurre) riche en acides pairs (oléique, palmitique, myristique, etc.), puis de la graisse synthétique de Kahn « Intarvin fat », glycéride d'un acide impair (margarique) $C^3H^5(C^{17}H^{32}O^2)^3$.

Les malades étant soumis à un régime composé des mêmes espèces (pommes de terre, œufs, viande, choux et 10^g de beurre), on n'y faisait varier que les proportions ou la nature des corps gras à étudier. Pendant les quatre premiers jours, la ration était donnée telle quelle. Les cinquième et sixième jours, elle était supplémentée par 70^g de beurre; les septième, huitième et neuvième, le beurre était remplacé par 20, 30 et 60 grammes d' « Intarvin »; enfin, les onzième et douzième jours, on substituait à cette dernière graisse 70^g de beurre.

Voici, comme exemple, les excrétions urinaires fournies par une de nos observations :

	Glucose par 24 h.	Corps cétoniques par 24 h.	Acide β-oxybutyrique par 24 h.	N total par 24 h.
	g	g	g	g
4e jour	213	2,20	10,70	19
5e »	160	2,19	19	21,30
6e »	159	2,30	15.6	19,7
7e »	128	1,36	13,10	15,8
8e »	155	0,90	6,30	17
9e »	189	1,36	5	17,9
10e »	190	1,37	5,20	18
11e »	171	1,54	9,6	16,10
12e »	197	1,60	10	16,2

On voit que l'élimination de l'acide β-oxybutyrique a considérablement augmenté pendant les jours qui ont suivi l'absorption de graisses à nombre pair d'atomes de carbone et qu'il n'en a pas été ainsi avec le glycéride d'acide à nombre impair de carbones.

III. Il nous a paru intéressant, au treizième jour, alors que le beurre atteignait de nouveau 80^{g} dans la ration, de soumettre le malade à l'action de l'insuline pendant trois jours :

	Glucose par 24 h.	Corps cétoniques par 24 h.	Acide β-oxybutyrique par 24 h.	N total par 24 h.
13e jour	137^{g}	0^{g},98	3^{g},50	14^{g},80
14e »	106	0,90	1,30	15,5
15e »	107	0,37	0,80	16,0

L'insuline a donc permis l'assimilation d'une quantité importante de beurre. Cette meilleure utilisation des corps gras, établie par la diminution de l'acide β-oxybutyrique, est, pour nous, étroitement liée à l'élévation, par l'insuline, du coefficient d'utilisation hydrocarbonée. Une preuve en est fournie par la diminution de la glycosurie, mais celle-ci ne peut traduire que très imparfaitement la modification du métabolisme des hydrates de carbone; le calcul du bilan de ces corps se heurte, dans la pratique, à de telles difficultés que, pour des raisons sur lesquelles nous ne pouvons nous étendre, il ne peut avoir l'importance qu'on lui attribue dans les conditions où on l'établit généralement.

Conclusions. — 1° Chaque malade a besoin d'une quantité de corps gras qui lui est propre, mais qui est, en général, relativement faible dans les formes graves du diabète. La quantité de graisses à introduire dans la ration des diabétiques dépend de la constitution chimique de ces substances et de la proportion relative des protéines et des hydrates de carbone;

2° Le bilan des hydrates de carbone, tel qu'il est établi en clinique, de même que la marche de la glycosurie, ne donnent qu'une idée incomplète du métabolisme intégral des substances génératrices de sucre;

3° En permettant, avec un même régime, une meilleure utilisation des hydrates de carbone, l'insuline assure l'assimilation d'une quantité de graisses qui serait impossible sans cette influence;

4° Dans le diabète grave, les régimes équilibrés doivent être établis, pour chaque sujet, d'après les analyses de sang et d'urine, portant sur l'azote total, le sucre, l'acide β-oxybutyrique et les corps cétoniques, le dosage seul de ces derniers étant notoirement insuffisant;

5° Même avec le concours de l'insuline, nous n'avons pu observer que très exceptionnellement la disparition totale de l'acide β-oxybutyrique, dans les formes graves du diabète consomptif.

En présentant de la part de M. **Luc Picart** le *second Catalogue méridien de l'Observatoire de Bordeaux*, M. **B. Baillaud** prononce les paroles suivantes :

L'Observatoire de Bordeaux a publié en 1909 un premier catalogue méridien *Réobservation des étoiles comprises dans la zone d'Argelander, entre* — 15° *et* — 20° *de déclinaison*. Ce catalogue contenait 6999 étoiles, observées de 1881 à 1895 par Rayet, E. Doublet, Courty, Flamme, Picart, Féraud. La discussion a été faite par M. Kromm. Les positions sont réduites à 1890. Les étoiles ont été observées deux fois en α, deux fois en δ, un douzième environ une seule fois, un dixième trois fois.

L'erreur probable d'une observation était de $0^s,0550$ en α, $0'',676$ en δ.

L'erreur probable de la moyenne était en α $0^s,0373$, en δ $0'',457$.

Aujourd'hui le même observatoire offre à l'Académie un second catalogue donnant les positions de 7038 étoiles de repère du catalogue photographique pour la zone comprise entre les déclinaisons de 10° et 20°.

Les observations de ce second catalogue ont été faites du 1er janvier 1896 au 14 février 1909 : chaque étoile fut encore observée environ deux fois. On a fait 14433 observations : celles des α à l'œil et l'oreille, à 10 fils; sur les polaires on a fait 15 à 20 pointés au fil mobile. Huit astronomes ont contribué à ce travail : l'un, E. Doublet a fait, et pendant toute la période, plus de la moitié des observations : 8827 sur 16100. Les autres observateurs ont été : R. Féraud, E. Esclangon, A. Jouffroy, M. Stapfer et pour quelques séries L. Picart, F. Courty, H. Godart. Le travail de discussion a été fait encore par M. F. Kromm qui a pu ramener tous les résultats à ceux de E. Doublet. L'erreur moyenne a été, en α, $0^s,0455 = 0'',663$, en δ $0'',462$, de sorte que le poids des δ est presque exactement double de celui des α. Les erreurs probables $0^s,030$ et $0'',31$ sont moindres que celles du premier catalogue. Les résultats ont été comparés au Preliminary general Catalogue de Lewis-Boss. Pour ramener le catalogue de Bordeaux à ce dernier, on a appliqué à Bordeaux les corrections $-0^s,007$ en α, $-0'',19$ en δ.

Le numérotage des étoiles est fait par zone de déclinaison de la zone 17° à la zone 9°.

M. **L. Joubin** fait hommage à l'Académie du premier volume de la nouvelle série des *Annales de l'Institut océanographique*.

M. D'OCAGNE présente à l'Académie un fascicule complémentaire de son *Cours de Géométrie pure et appliquée de l'École Polytechnique*, qui a pour but, en attendant que les circonstances se prêtent à la publication d'une seconde édition de l'ouvrage, de faire connaître les principales modifications que l'auteur a été amené à introduire dans son enseignement oral en vue de donner à un certain nombre de démonstrations un caractère plus strictement géométrique.

CORRESPONDANCE.

M. le **MINISTRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE ET DES BEAUX-ARTS** adresse ampliation du décret, en date du 17 mai 1924, qui autorise l'Académie à accepter un legs de M. *François-Joseph Ployer*.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° H. PÉCHEUX. *Métaux et alliages métalliques industriels*.

2° 1824-1924. *Centenaire de l'alcoomètre et de l'alambic de Gay-Lussac. Leur évolution*, par J. DUJARDIN, L. et R. DUJARDIN.

3° HENRI BERALDI. *Le sommet des Pyrénées. Notes d'un Bibliophile* : II. *Tuquerouye*.

4° *Jules Violle*, par A. BOUTARIC.

5° *Nova Caledonia. Recherches scientifiques en Nouvelle-Calédonie et aux îles Loyalty* : A. *Zoologie*, Vol. III, Livre II : 1. L. BERLAND, *Araignées*; 2. O. SCHRÖDER, *Landplanarien*; 3. L. CHOPARD, *Blattidæ*.

6° *Araignées de l'île de Pâques et des îles Juan Fernandez*, par LUCIEN BERLAND.

7° *Sylloge Algarum omnium hucusque cognitarum digessit* JOH. BAPT. DE TONI. Vol. VI : *Florideæ*. Sectio V : Additamenta.

8° FERNAND DE MONTESSUS DE BALLORE. *La géologie sismologique. Les tremblements de terre*, avec une préface de M. PIERRE TERMIER et une notice biographique de M. ARMAND RENIER.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les singularités des équations différentielles et intégro-différentielles à une ou plusieurs variables.* Note de M. **Léon Pomey**, présentée par M. L. Lecornu.

1. Reprenons l'*équation intégrale* (*linéaire*) *aux dérivées partielles* considérée précédemment [1], avec les mêmes conventions et hypothèses générales. Nous l'écrirons $\left(\text{en changeant seulement un peu la notation des doubles indices des dérivées et des coefficients K sous les signes } \int\right)$

$$(1) \qquad \varphi(xy) = f(xy) + \int_{L_x}^{m} dt^m \int_{L_y}^{p} \sum_{\nu=0}^{\nu=r} \sum_{\mu=0}^{\mu=q} K_{\nu+1}^{\mu+1}(xytv) \frac{\partial^{(r-\nu)+(q-\mu)} \varphi(tv)}{\partial t^{r-\nu} \partial v^{q-\mu}} dv^p.$$

Cherchons maintenant comment la solution $\varphi(xy)$ — holomorphe, nous l'avons démontré, dans le même domaine (D_x, D_y) que les coefficients f et K, si $m+p > r+q$ (équation normale) — se comporte au point de vue de son mode de croissance dans le voisinage des singularités des coefficients connus $K_{\nu+1}^{\mu+1}$.

Plaçons-nous dans le cas, où chacun de ceux-ci admet une expression de la forme

$$(2) \qquad K_{\nu+1}^{\mu+1}(xytv) = \frac{g_{\nu+1}^{\mu+1}(xytv)}{[R(tv)]^{\lambda_{\nu+1}^{\mu+1}}} \qquad (0 \leqq \nu \leqq r,\ 0 \leqq \mu \leqq q),$$

valable dans un certain domaine (Δ_x, Δ_y) dans lequel les fonctions $g_{\nu+1}^{\mu+1}(xytv)$ et $R(tv)$ sont holomorphes. Suivant que l'exposant positif $\lambda_{\nu+1}^{\mu+1}$ est entier ou non, les systèmes de valeurs qui annulent R au dénominateur constituent pour $K_{\nu+1}^{\mu+1}$ soit des singularités *polaires*, soit ce que nous appellerons des *pôles critiques* (ou encore des points de branchement polaires).

2. Soit (d_x, d_y) une partie commune aux domaines (D_x, D_y) et (Δ_x, Δ_y), qui contienne entièrement les lignes d'intégration L_x et L_y. En se bornant à ce domaine (d_x, d_y), on peut donc remplacer les coefficients $K_{\nu+1}^{\mu+1}$ par leur valeur (2) dans le développement en série $\sum_{n=0}^{\infty} u_n(x, y)$, qui représente la

---

[1] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1094, et première Thèse (*J. Éc. Polyt.*, 24e Cahier).

fonction $\varphi(xy)$ dans (D_x, D_y) et dont les termes sont :

$$(3) \quad \begin{cases} u_0(xy) = f(xy), \ldots, \\ u_n(xy) = \int_{1_x}^{m} dt^m \int_{1_y}^{p} \sum_{\nu=0}^{\nu=r} \sum_{\mu=0}^{\mu=q} K_{\nu+1}^{\mu+1}(xytv) \dfrac{\partial^{r-\nu+q-\mu} u_{n-1}(tv)}{\partial t^{r-\nu} \partial v^{q-\mu}} dv^p, \ldots \end{cases}$$

Si alors x et y se rapprochent des singularités considérées, les frontières de (d_x, d_y) se déplaçant elles-mêmes au besoin, $R(xy)$ tend vers zéro. L'allure de $\varphi(xy)$ dans ces conditions dépend en partie de celle de ses termes $u_n(xy)$. On doit se demander notamment dans quel cas il existe une puissance déterminée de $R(xy)$, dont le produit par $u_n(xy)$ demeure fini, autrement dit dans quel cas $u_n(xy)$ contient $R(tv)$, en dénominateur sous les signes $\int$, à des puissances qui ne croissent pas indéfiniment avec n. S'il en est ainsi, la solution $\varphi(xy)$ sera qualifiée, par définition, de *régulière* au voisinage des pôles critiques (ou pôles) relatifs à R.

3. Cela étant, on a le théorème suivant :

Théorème. — *Les dérivées* $\dfrac{\partial R(xy)}{\partial x}$ *et* $\dfrac{\partial R(xy)}{\partial y}$ *ne s'annulant pas en même temps que* $R(xy)$ *dans* (Δ_x, Δ_y) *et ne s'annulant pas dans* (d_x, d_y), *la solution* $\varphi(xy)$ *est régulière aux environs des pôles critiques (ou pôles) relatifs à* $R(xy)$, *si tous les exposants* $\lambda_{\nu+1}^{\mu+1}$ *(entiers ou non) satisfont à la condition*

$$(4) \qquad \lambda_{\nu+1}^{\mu+1} \leqq \nu + \mu + (m-r) + (p-q) \qquad (0 \leqq \nu \leqq r, \ 0 \leqq \mu \leqq q).$$

Réciproquement, cette condition sera *nécessaire* pour que la solution $\varphi(xy)$ reste régulière, lorsqu'on identifie successivement $f(xy)$ avec une infinité de fonctions arbitraires holomorphes dans (D_x, D_y). L'ensemble des équations intégrales (1) correspondantes sera alors dit former une *classe* d'équations intégrales dont $\varphi(xy)$ sera la solution générale. Un exemple est fourni par la classe d'équations provenant d'une équation différentielle aux dérivées partielles.

Remarque. — Si l'équation (1) n'est pas normale $(m + p \leqq r + q)$, la condition (4) subsistera toujours au moins *formellement* ou même effectivement, suivant les circonstances dans lesquelles le développement $\Sigma u_n(xy)$ sera convergent.

4. Les résultats précédents s'appliquent aussi aux autres cas particuliers de l'équation (1), c'est-à-dire aux équations intégro-différentielles à une variable et aux équations différentielles linéaires. Ainsi pour ces dernières :

Théorème. — *Pour qu'une équation différentielle linéaire d'ordre m* $\left(\textit{résolue par rapport à } \frac{d^m\varphi}{dx^m}\right)$ *ait toutes ses solutions* $\varphi(x)$ *régulières au voisinage du pôle critique* θ, *supposé d'ordre* $\lambda_{\nu+1}$ *pour le coefficient* $K_{\nu+1}(x)$ *de la dérivée* $\frac{d^{m-1-\nu}\varphi}{dx^{m-1-\nu}}$, *il faut et il suffit qu'on ait* $\lambda_{\nu+1} \leqq \nu + 1$ $(0 \leqq \nu \leqq m-1)$.

Plus généralement, pour qu'il y ait seulement $(m-h)$ solutions indépendantes *régulières* au voisinage de ce *pôle critique*, une condition au moins *formelle* est $\lambda_\nu \leqq \nu + \lambda_h - h$.

Si tous les exposants λ_ν sont *entiers*, on retrouve les conditions relatives à un *pôle* (théorème de Fuchs et généralisation).

Les considérations précédentes pourraient évidemment s'étendre à un système d'équations intégrales définissant plusieurs fonctions d'un nombre *quelconque* de variables.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions entières de genre inférieur à deux.* Note de M. **Paul Noaillon**, présentée par M. Hadamard.

Théorème. — *Si $f(z)$ est une fonction entière de genre* 0 *ou* 1, *on a*

$$f(Z) = \frac{1}{\pi}\int e^{Zk(z)} f(z)\, e^{-|z|^2}\, dx\, dy,$$

où

$$z = x + iy; \qquad k(z) = x - iy,$$

et où l'intégrale est étendue à tout le plan (x, y).

Il ne sera même pas nécessaire que $f(z)$ soit de genre 0 ou 1; *il suffira qu'il existe un nombre positif* R *tel que* $f(z)\, e^{|z|R}\, e^{-|z|^2}$ *reste bornée en module dans tout le plan* (1). Sous cette seule condition, nous allons démontrer la formule en supposant $|Z| < \alpha R$, α étant une constante positive < 1. Cela suffira, comme on sait, pour qu'elle se trouve établie dans tout le domaine de Z où l'intégrale du deuxième membre définit une fonction holomorphe de Z.

Démonstration. — Pour calculer l'intégrale

$$I = \int e^{Zk(z)} f(z)\, e^{-|z|^2}\, dx\, dy,$$

(1) Pour une fonction de genre 0 ou 1, cette condition est remplie quelle que soit la constante R. (Voir Borel, *Leçons sur les fonctions entières*, 2e édit. 1921, p. 53; Paris, Gauthier-Villars.)

nous passerons aux coordonnées polaires

$$x = \rho \cos\omega, \qquad y = \rho \sin\omega.$$

Nous aurons

$$I = \int_0^\infty J(\rho)\, e^{-\rho^2} \rho\, d\rho$$

en posant

$$J(\rho) = \int_0^{2\pi} e^{Z\,k(z)}\, d\omega.$$

Sous ce signe d'intégration on a

$$z = \rho\, e^{\omega i},$$

ρ restant constant, le point z parcourant la circonférence C de centre O et de rayon ρ. On a

$$dz = \rho\, e^{\omega i}\, i\, d\omega = z\, i\, d\omega$$

ou

$$d\omega = -i \frac{dz}{z}.$$

De plus

$$k(z) = \frac{\rho^2}{z},$$

donc

$$J(\rho) = -i \int_C e^{\frac{Z\rho^2}{z}} f(z) \frac{dz}{z}.$$

Pour tout point z du cercle C

$$\left| \frac{Z\rho^2}{z} \right| = |Z|\rho$$

et

$$e^{\frac{Z\rho^2}{z}} = 1 + \frac{Z\rho^2}{z} + \ldots + \frac{1}{\lfloor m} \left(\frac{Z\rho^2}{z} \right)^m + \overline{\lambda} \frac{(|Z|\rho)^{m+1}}{\lfloor m+1} e^{|Z|\rho},$$

où $\lfloor m = 1, 2, 3, \ldots, m$ et $\overline{\lambda} =$ toute fonction *indifféremment* dont le module reste inférieur à l'unité.

En représentant par $M(\rho)$ le maximum de $f(z)$ sur le cercle C, on aura

$$J(\rho) = -i \int_C \left[1 + \frac{Z\rho^2}{z} + \ldots + \frac{1}{\lfloor m} \left(\frac{Z\rho^2}{z} \right)^m \right] f(z) \frac{dz}{z} + \overline{\lambda} \frac{(Z\rho)^{m+1}}{\lfloor m+1} e^{|Z|\rho}\, 2\pi\, M(\rho).$$

Puisque $f(z)$ est une fonction entière, on pourra écrire

(1) $$f(z) = a_0 + a_1 z + \ldots + a_n z^n + \ldots,$$

donc

$$J(\rho) = 2\pi\left[a_0 + Z\rho^2 a_1 + \ldots + \frac{(Z\rho^2)^m}{\lfloor m} a_m\right] + \bar{\lambda}\frac{(Z\rho)^{m+1}}{\lfloor m+1} e^{|Z|\rho}\, 2\pi\, M(\rho),$$

on en déduit

$$I = \int_0^\infty J(\rho)\, e^{-\rho^2}\rho\, d\rho$$
$$= \pi[a_0 + a_1 Z + \ldots + a_m Z^m] + \bar{\lambda}\frac{Z^{m+1}}{\lfloor m+1}\, 2\pi \int_0^\infty M(\rho)\, e^{|Z|\rho}\, e^{-\rho^2}\rho^{m+2}\, d\rho.$$

Or, par hypothèse, il existe deux constantes positives R et B telles que

$$M(\rho)\, e^{-\rho^2} < B\, e^{-R\rho}.$$

On aura donc, en supposant $|Z| < \alpha R$,

$$\int_0^\infty M(\rho)\, e^{|Z|\rho}\, e^{-\rho^2}\rho^{m+2}\, d\rho = \bar{\lambda} B \int_0^\infty e^{-R(1-\alpha)\rho}\rho^{m+2}\, d\rho = \bar{\lambda}\frac{B}{R^{m+3}(1-\alpha)^{m+3}}\lfloor m+2.$$

Donc

$$I = \pi[a_0 + \ldots + a_m Z^m] + \bar{\lambda}\frac{2\pi B}{R^2(1-\alpha)^2}(m+2)\left(\frac{\alpha}{1-\alpha}\right)^{m+1}.$$

Le premier membre est indépendant de m. Dans le second membre, d'après (1), la première partie tend, pour $m = \infty$, vers $\pi f(Z)$; et, puisque la constante α et par suite $\frac{\alpha}{1-\alpha}$ sont entre 0 et 1 exclusivement, la deuxième partie tend vers zéro. Donc on a bien

$$I = \pi f(Z). \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la notion de nombre de dimensions.* Note (¹) de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. Hadamard.

Un grand nombre de définitions abstraites du nombre de dimensions ont été déjà proposées.

Certaines d'entre elles ont pour but de définir ce nombre par voie de récurrence en passant de n à $n+1$. La première d'entre elles est probablement celle qui a été exposée par Henri Poincaré, reprise et complétée depuis par Brouwer.

D'autres définitions considèrent le nombre de dimensions comme une grandeur

(1) Séance du 19 mai 1924.

particulière qui n'a pas seulement des valeurs en correspondance avec une suite d'entiers. La première en date est sans doute celle que j'ai proposée à l'Académie (¹).

La première sorte de définition sera sans doute plus intéressante pour ceux qui essaient de dégager une différence topologique entre la droite, le plan, ..., l'espace à un nombre entier de dimensions.

La seconde espèce de définition offre les avantages suivants : elle permet une classification topologique intéressante des ensembles linéaires; une autre, des ensembles plans, etc. L'étude que j'ai faite à cet égard (²) pourrait être poursuivie et donner des résultats intéressants.

Mais l'avantage principal de cette seconde espèce de définition du nombre de dimensions réside dans son adaptabilité immédiate à l'étude topologique des champs fonctionnels, des espaces abstraits les plus généraux.

Elle permet non seulement de définir un nombre infini de dimensions, mais de classer par ordre de grandeur les nombres infinis de dimensions même différents de plus d'un nombre fini d'unités.

Sans essayer d'aller dans cette voie aussi loin qu'on peut le faire, nous nous contenterons de signaler aujourd'hui à l'attention le point suivant : une certaine similitude topologique entre des espaces fonctionnels très importants en Analyse, mais qui paraissent de natures très diverses, peut être résumée dans cette remarque que ces espaces ont le même type (infini) de dimension.

Pour démontrer ce fait, je prouverai, chemin faisant, d'autres propositions qui paraissent être intéressantes.

J'ai démontré dans un second Mémoire (³) que toute classe (𝔇) séparable est homéomorphe d'un ensemble d'éléments de l'espace que j'ai appelé depuis lors D_ω (⁴). Je rappelle qu'une classe (𝔇), — c'est-à-dire une classe d'éléments où la limite est définie par l'intermédiaire d'une « distance », — est dite *séparable* si l'on peut extraire de la classe une suite dénombrable N d'éléments $A_0, A_1, A_2, \ldots, A_n, \ldots$, telle que tout élément de la classe soit limite d'une suite d'éléments distincts ou non appartenant à N.

Il nous avait suffi pour établir la correspondance désirée entre un élément X de D_ω et un élément A de la classe (𝔇) séparable considérée, de

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 1152.

(²) *Math. Annalen*, B. 68, 1910, p. 151.

(³) *Rendiconti del Circ. Mat. di Palermo*, t. 30, 1910, p. 14.

(⁴) L'espace D_ω est un espace dont chaque point X est déterminé par une suite infinie de coordonnées $x_1, x_2, \ldots, x_n, \ldots$ (bornées dans chaque suite), et où la distance de deux points X, Y est la borne supérieure des différences $|x_n - y_n|$ des coordonnées de même rang de X et de Y.

prendre pour coordonnées de X

$$x_1 = (A_1, A) - (A_0, A_1); \quad x_2 = (A_2, A) - (A_0, A_2); \quad \ldots, \quad x_n = (A_n, A) - (A_0, A_n); \quad \ldots$$

en désignant par (A, B) la distance de deux éléments A, B. Et même cette correspondance était plus qu'une homéomorphie, c'était une « application » en ce sens qu'elle conservait les distances.

Or cette même correspondance cesse d'être une application sans cesser d'être une homéomorphie si l'on considère les nombres x_1, x_2, ... comme définissant un point de l'espace E_ω [1].

Et de plus, l'ensemble d'éléments de E_ω qui correspond ainsi à la classe considérée est compact, si l'on suppose la distance bornée dans cette classe, ce qu'il est toujours possible d'admettre sans changer ses ensembles dérivés, en remplaçant (A, B par $\frac{(A, B)}{1 + (A, B)}$ comme je l'ai montré dans ma Thèse.

Finalement, la correspondance que j'indiquais en 1910 prouve *que toute classe* ($\mathfrak{D}$) *séparable est homéomorphe d'un ensemble compact de points de l'espace* E_ω [1].

Or dans ma Communication de 1909 mentionnée ci-dessus, je considérais un ensemble E comme d'un type de dimension au plus égal à celui d'un ensemble F, si E est homéomorphe à F ou à une partie de F.

Donc le type de dimension d'une classe ($\mathfrak{D}$) séparable est au plus égal à celui de E_ω. Comme E_ω est elle-même une classe ($\mathfrak{D}$) séparable:

Le plus grand des types de dimension des classes ($\mathfrak{D}$) *séparables est celui de l'espace* E_ω [1]. Parmi les classes ($\mathfrak{D}$) séparables figurent les espaces euclidiens à 1, 2, ..., N dimensions de sorte que, bien entendu, le type de dimension de E_ω est infini.

On rapprochera le premier énoncé en italiques d'un résultat publié récemment ici-même [2] par un jeune géomètre russe, M. Urysohn : toute classe (D) séparable est homéomorphe d'un ensemble compact d'éléments de l'espace de M. Hilbert. Ce résultat énoncé isolément pourrait conduire à penser qu'au point de vue topologique

---

[1] L'espace E_ω est, comme l'espace D_ω, un espace où chaque point X est défini par une suite infinie de coordonnées x_1, x_2, ... Mais celles-ci ne sont pas nécessairement bornées pour chaque point X. Et d'autre part la limite d'une suite de points $X^{(1)}$, $X^{(2)}$, ... de cet espace implique, comme pour D_ω, la convergence de chaque suite de coordonnées, mais une convergence non nécessairement uniforme.

[2] *Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 65.

l'espace de M. Hilbert jouit d'un privilège particulier parmi les champs fonctionnels les plus simples. C'est en particulier afin de dissiper une telle illusion que j'ai cru nécessaire de publier la présente Note qui permet de substituer à l'espace de M. Hilbert, dans l'énoncé de M. Urysohn, d'autres champs, aussi importants.

Nous voyons que, d'après le résultat de M. Urysohn, l'espace E_ω est d'un type de dimensions au plus égal à celui de l'espace de M. Hilbert. Mais d'après le résultat énoncé plus haut la réciproque est vraie. Donc:

L'espace E_ω *et l'espace de Hilbert ont le même nombre de dimensions.* — Ce nombre de dimensions est infini, mais il est inférieur et non égal à celui de l'espace D_ω.

Mais ce n'est pas tout : le plus grand des types de dimensions des classes ($\mathcal{D}$) séparables est aussi égal aux types de dimensions d'un grand nombre d'autres champs fonctionnels importants, dont je ne cite que quelques-uns.

La définition de chacun de ces champs consiste dans la détermination de la nature de leurs éléments *et en outre* dans celle de la définition de la limite qui y est adoptée.

Champ C : Fonctions continues d'une variable réelle. Limite uniforme.
Champ Ω_1 : Fonctions de carrés sommables. Convergence « en moyenne ».
Champ $\mathfrak{M}$: Fonctions mesurables. Convergence en mesure.
Champ Γ : Courbes continues. Convergence uniforme.
Champ $\mathcal{S}$: Surfaces continues. Convergence uniforme.
Champ C′ : Fonctions à dérivées continues. Voisinage d'ordre 1.

J'ai démontré l'égalité des types de dimensions de tous ces champs — qui sont des classes ($\mathcal{D}$) séparables — dans mon cours du premier semestre de cette année à l'Université de Strasbourg, au moyen d'artifices analogues à celui rappelé au début. Il est à peine utile de dire que la liste n'est pas limitative.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Quelques applications des fractions continues.* Note de M. **P.-Y. Myrberg**, présentée par M. Émile Borel.

1. Nous indiquerons ici brièvement quelques conséquences du théorème relatif aux fractions continues établi par nous dans une Note récente [1].

Soient

$$\varphi = ax^2 + 2bxy + cy^2 \qquad (D \equiv b^2 - ac > 0) \tag{1}$$

une forme quadratique réelle indéfinie, (φ) l'ensemble des valeurs que prend

[1] *Un théorème sur les fonctions continues* (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 370).

cette forme pour les valeurs entières de x et de y, $(\varphi)'$ l'ensemble dérivé de (φ). On aura ce théorème :

L'ensemble $(\varphi)'$ comprend la totalité des nombres réels, sauf dans les cas où les racines de l'équation

$$a\omega^2 + 2b\omega + c = 0 \tag{2}$$

appartiennent toutes les deux à un certain ensemble de mesure nulle.

En effet, ω désignant l'une quelconque des racines de l'équation (2) et $\frac{P_\nu}{Q_\nu}$ $(\nu = 1, 2, \ldots)$ ses réduites successives, posons

$$\omega - \frac{P_\nu}{Q_\nu} = (-1)^\nu \frac{\vartheta_\nu}{Q_\nu^2}$$

et donnons aux variables x et y les valeurs

$$x = kP_\nu, \qquad y = kQ_\nu,$$

k étant un entier quelconque; on aura

$$\varphi(kP_\nu, kQ_\nu) = 2k^2\left[(-1)^\nu \vartheta_\nu \sqrt{D} + \frac{a}{2}\frac{\vartheta_\nu^2}{Q_\nu^2}\right]. \tag{3}$$

D'après la Note citée ci-dessus l'ensemble des valeurs $\vartheta_{2\nu}$, ainsi que celui des valeurs $\vartheta_{2\nu+1}$ $(\nu = 1, 2, \ldots)$, admet comme valeur-limite tout nombre de l'intervalle $(0, 1)$, sauf dans les cas où la racine ω fait partie d'un certain ensemble de mesure nulle, d'où résulte notre théorème.

2. Considérons en second lieu l'ensemble des formes *équivalentes* à la forme φ, c'est-à-dire qui s'en déduisent par une substitution linéaire à coefficients entiers de déterminant ± 1. Si cet ensemble renferme une suite de formes dont les coefficients tendent respectivement vers a', b', c', nous dirons que $a'x^2 + 2b'xy + c'y^2$ est une *forme-limite* de φ. On aura le théorème suivant :

En général, toute forme quadratique de déterminant D est une forme-limite de φ. Il ne saurait y avoir exception que dans les cas où les racines de l'équation (2) font toutes les deux parties d'un certain ensemble de mesure nulle.

En remplaçant φ par une forme équivalente convenablement choisie, on peut toujours s'arranger de façon que les racines ω et ω' de l'équation (2) vérifient respectivement les conditions $0 \leqq \omega < 1$, $\omega' < 0$.

Soient

$$\omega = \cfrac{1}{b_1 + \cfrac{1}{b_2 + \cfrac{1}{b_3 + \ldots}}}, \qquad -\omega' = b'_0 + \cfrac{1}{b'_1 + \cfrac{1}{b'_2 + \ldots}}$$

et désignons toujours par $\frac{P_\nu}{Q_\nu}$ ($\nu = 1, 2, \ldots$) les réduites de ω.

Cela posé, définissons pour chaque indice ν une substitution modulaire $S_\nu(z) = \frac{\alpha_\nu z + \beta_\nu}{\gamma_\nu z + \delta_\nu}$ par la condition $S_\nu^{-1}(\infty) = \frac{P_\nu}{Q_\nu}$, ce qui donne

$$S_\nu(z) = k + \cfrac{(-1)^\nu}{b_\nu + \cfrac{1}{b_{\nu-1} + \cfrac{1}{b_{\nu-2} + \ldots + \cfrac{1}{b_1 - \cfrac{1}{z}}}}}, \tag{4}$$

l'entier k pouvant être choisi arbitrairement. On aura

$$S_\nu(\omega) = k + (-1)^{\nu+1}\left(b_{\nu+1} + \cfrac{1}{b_{\nu+2} + \cfrac{1}{b_{\nu+3} + \ldots}}\right),$$

$$S_\nu(\omega') = k + \cfrac{(-1)^\nu}{b_\nu + \cfrac{1}{b_{\nu-1} + \ldots + \cfrac{1}{b_1 + \cfrac{1}{b'_0 + \cfrac{1}{b'_1 + \ldots}}}}}.$$

D'après la Note précédente on en conclut que, à moins que ω ne fasse partie d'un certain ensemble de mesure nulle, les nombres $S_\nu(\omega)$ et $S_\nu(\omega')$, en faisant croître l'indice ν et en choisissant convenablement les entiers k, peuvent s'approcher indéfiniment de deux valeurs réelles quelconques dont la différence soit numériquement > 1, et par suite, en particulier, des racines $\overline{\omega}$, $\overline{\omega}'$ de toute forme *réduite*, c'est-à-dire telle que le cercle ayant comme diamètre le segment $\overline{\omega}\,\overline{\omega}'$ coupe le domaine fondamental B_0 :

$$\xi^2 + \eta^2 \geqq 1 \qquad |\xi| \leqq \frac{1}{2} \qquad (z = \xi + i\eta) \tag{5}$$

du groupe modulaire. Notre théorème en est une conséquence immédiate.

3. On peut tirer de ce qui précède un résultat relatif à la manière dont se comporte la fonction modulaire lorsqu'on s'approche d'un point de l'axe réel. Soit comme plus haut $-1 < \omega' < 0$, $\omega > 0$ et soit L le demi-cercle ayant le segment $\omega\omega'$ comme diamètre et situé au-dessus de l'axe réel. Soient encore $(S_{\nu,k})$ l'ensemble des substitutions (4) telles que les transformées $S'_{\nu,k}(L)$ de L coupent le domaine B_0 (5) et $\lambda_{\nu,k}$ la portion de $S_{\nu,k}(L)$

comprise dans ce domaine. La substitution $S_{\nu,k}^{-1}$ transforme $\lambda_{\nu,k}$ en une portion de L qui tend évidemment vers le point ω lorsque ν croît indéfiniment.

Cela posé, il résulte du n° 2 que tout point de B_0 est, en général, un point limite de l'ensemble $(\lambda_{\nu,k})$, d'où cette proposition :

Lorsqu'on s'approche du point ω suivant le demi-cercle L, *la fonction modulaire s'approche indéfiniment de toute valeur donnée réelle ou complexe, à moins que ω ne fasse partie d'un certain ensemble de mesure nulle.*

Il est facile de voir que ce résultat subsiste si l'on y remplace L par un arc de courbe quelconque coupant l'axe réel au point ω sous un angle distinct de O.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur un opérateur fonctionnel.* Note de M. CONSTANT LURQUIN, présentée par M. Émile Borel.

On considère, en statistique mathématique, la fonction de corrélation normale à n variables

$$F(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \frac{1}{\sqrt{D}} e^{-\frac{1}{2D}\sum_1^n{}_p \sum_1^n{}_q D_{p,q} x_p x_q} \quad (1) \tag{1}$$

avec

$$D \equiv \| \alpha_i \quad \alpha_{i2} \quad \ldots \quad \alpha_{in} \| \qquad i = 1, 2, \ldots, n,$$

$D_{1,1}$; $D_{1,2}$, ... sont les mineurs de α_{11}, α_{12}, ... et $\alpha_{ii} = 1$; $\alpha_{i,j} = \alpha_{j,i}$.

Les quantités $\alpha_{11}, \alpha_{12}, \ldots, \alpha_{n-1,n}$ sont les coefficients de corrélation partielle et mutuelle pour les variables $x_1, x_2, \ldots, x_n$. On se propose de faire connaître un opérateur fonctionnel de $F(x_1, x_2, \ldots, x_n)$. On a successivement

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = -\frac{F(x_1, x_2, \ldots, x_n)}{D} \sum_1^n{}_k D_{k,i} x_k,$$

$$\sum_1^n{}_k \alpha_{i,k} \frac{\partial F}{\partial x_k} = -x_i F(x_1, x_2, \ldots, x_n).$$

En posant

$$-\sum_1^n{}_k \alpha_{i,k} \frac{\partial F}{\partial x_k} = \Theta_i(F), \tag{2}$$

(1) Il est fait abstraction du coefficient numérique $(2\pi)^{\frac{n}{2}}$.

on a donc

$$\Theta_i(F) = x_i F(x_1, x_2, \ldots, x_n) \quad \text{pour} \quad i = 1, 2, \ldots, n,$$

$\Theta(F)$ est l'opérateur fonctionnel.

Il est évident qu'on a

$$\Theta_q(x_p) = \Theta_p(x_q).$$

La recherche des moments statistiques exige la connaissance des puissauces et des produits des quantités (2). La forme du symbole Θ met en évidence des propriétés de distributivité et de commutativité.

Le calcul direct donne pour les puissances

$$\Theta_i^2(F) = F[x_i^2 - 1]; \qquad \Theta_i^3(F) = F[x_i(x_i^2 - 3)]$$

et en général pour $\Theta_i^{2n}(F)$ et $\Theta_i^{2n+1}(F)$ des expressions de la forme

$$\Theta_i^{2n}(F) = F\left[\sum_{1}^{n+1}{}_k (-1)^{k+1} A_k x_i^{2(n-k+1)}\right],$$

$$\Theta_i^{2n+1}(F) = F\left[x_i \sum_{1}^{n+1}{}_k (-1)^{k+1} B_k x_i^{2(n-k+1)}\right].$$

Les coefficients numériques A et B sont donnés par les nombres du tableau :

Degré.	Coefficients.				
1	1				
2	1	1			
3	1	3			
4	1	6	3		
5	1	10	15		
6	1	15	45	15	etc.

dont la loi de formation est très simple.

Il est facile d'obtenir les expressions des produits des quantités $\Theta(F)$. On en déduit qu'une fonction des $\Theta(F)$ peut s'exprimer par une série dont les termes renferment les quantités x, α et F. Il s'ensuit que l'emploi de l'algorithme Θ peut être utile et efficace dans l'application des méthodes de statistique mathématique. Dans (1) on a fait usage des coordonnées normales pour simplifier l'écriture. Les coordonnées ordinaires sont $X_p = x_p \sigma_p$ (σ_p est la déviation normale correspondant à la variable x_p). Dans le cas particulier de la surface de corrélation normale du second degré (deux variables et un seul coefficient de corrélation), l'application de l'opérateur fonctionnel conduit à des résultats curieux et intéressants.

ÉLASTICITÉ. — *Sur la théorie de l'action euclidienne de déformation.* Note de M. J. **Sudria**, présentée par M. G. Kœnigs.

A la base de la théorie de l'action euclidienne de déformation, se trouve la recherche de l'expression de cette action. Une partie du raisonnement par lequel MM. E. et F. Cosserat sont parvenus à ce résultat fondamental dans la Théorie des corps déformables doit être revue; nous nous proposons d'établir rigoureusement, sur ce point, les conclusions des auteurs de ce remarquable monument.

Prenons, pour simplifier l'exposition, le cas de la ligne déformable; celui de la surface ou du corps déformable, ne présentant d'autre complication que celle des notations.

Rappelons qu'à chaque état de la ligne, on fait correspondre un ensemble continu Σ de trièdres $(Mx'y'z')$ ayant pour sommets les divers points M de la courbe et une orientation déterminée.

Les coordonnées x, y, z des sommets et les valeurs des cosinus $\alpha, \alpha', \ldots, \gamma''$ au moyen desquels chaque trièdre est défini par rapport à un trièdre de référence fixe, sont fonctions de l'arc s_0 (de la ligne non déformée) aboutissant au point M_0 qui a donné le point M dans la déformation. Si l'on imagine que le trièdre $Mx'y'z'$ se déplace et décrive l'ensemble continu Σ, l'arc s_0 jouant le rôle de temps, on aura à considérer la vitesse (ξ, η, ζ) du point M et la rotation instantanée (p, q, r) du trièdre.

A_0 et B_0 désignant les extrémités de la ligne avant déformation, l'action de déformation est l'intégrale

$$\int_{A_0}^{B_0} \mathfrak{F}\, ds,$$

$\mathfrak{F}$ étant une fonction des positions du trièdre $Mx'y'z'$ et du trièdre infiniment voisin, soit

$$\mathfrak{F}\left(s_0, x, y, z, \frac{dx}{ds_0}, \frac{dy}{ds_0}, \frac{dz}{ds_0}, \alpha, \alpha', \ldots, \gamma'', \frac{d\alpha}{ds_0}, \frac{d\alpha'}{ds_0}, \ldots, \frac{d\gamma''}{ds_0}\right).$$

Cette fonction doit être invariante pour les transformations infinitésimales du groupe des déplacements euclidiens. Il s'agit de montrer qu'elle peut s'exprimer au moyen de s_0, ξ, η, ζ, p, q et r seulement. Les dérivées des cosinus s'exprimant, suivant les formules connues, en fonction de ces cosinus et de p, q, r, il est loisible de mettre $\mathfrak{F}$ sous la forme

$$\Phi\left(s_0, x, y, z, \frac{dx}{ds_0}, \frac{dy}{ds_0}, \frac{dz}{ds_0}, \alpha, \alpha', \ldots, \gamma'', p, q, r\right).$$

Pour chasser les cosinus de cette expression, MM. E. et F. Cosserat considèrent les trois équations telles que

$$(1) \qquad \xi = \alpha \frac{dx}{ds_0} + \beta \frac{dy}{ds_0} + \gamma \frac{dz}{ds_0},$$

lesquelles, disent-ils, « permettent de concevoir qu'on exprime les neuf cosinus au moyen de ξ, η, ζ et des dérivées premières de x, y et z par rapport à s_0 ». Or, les équations (1) et les relations entre les neuf cosinus, par lesquelles on peut les compléter, admettent une infinité de solutions en α, α' ..., γ''; on peut le voir algébriquement et aussi par le raisonnement géométrique suivant, lequel dispense de tout calcul. L'affirmation précédente reviendrait à dire que si l'on donne les projections d'un vecteur sur les axes de deux trièdres, ces trièdres ont une orientation relative déterminée. Mais, considérons un ensemble de deux trièdres répondant à la question et faisons tourner l'un d'eux autour du vecteur; les composantes ne varient pas et par conséquent toute nouvelle position relative ainsi obtenue répond aussi à la question.

On n'a donc pas le droit d'éliminer les cosinus par le moyen indiqué. Opérons autrement : gardons ces cosinus dans la fonction Φ et remplaçons $\frac{dx}{ds_0}$, $\frac{dy}{ds_0}$, $\frac{dz}{ds_0}$ par leurs valeurs tirées précisément des équations (1).

Cette fonction devient

$$\psi(s_0, x, y, z, \xi, \eta, \zeta, p, q, r, \alpha, \alpha', \ldots, \gamma'').$$

En écrivant l'invariance de ψ dans les transformations infinitésimales du groupe des déplacements euclidiens, on trouve que $\frac{\partial\psi}{\partial x} = \frac{\partial\psi}{\partial y} = \frac{\partial\psi}{\partial z} \equiv 0$ et en outre que α, α', ..., γ'' satisfont à trois équations symétriques aux dérivées partielles telles que

$$\frac{\partial\psi}{\partial\alpha}\alpha' + \frac{\partial\psi}{\partial\beta}\beta' + \frac{\partial\psi}{\partial\gamma}\gamma' = \frac{\partial\psi}{\partial\alpha'}\alpha + \frac{\partial\psi}{\partial\beta'}\beta + \frac{\partial\psi}{\partial\gamma'}\gamma,$$

équations qui doivent être satisfaites pour des valeurs de α, α', ..., γ'' liées par les relations entre cosinus.

On en déduit par le calcul ordinaire ou, plus rapidement, par le calcul vectoriel, que ψ, considérée comme fonction des cosinus, satisfont à l'équation $d\psi = 0$, et par conséquent se réduit à

$$W(s_0, p, q, r, \xi, \eta, \zeta). \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

HYDRODYNAMIQUE. — *A propos du paradoxe de d'Alembert.*
Note (¹) de M. **Umberto Cisotti**, présentée par M. L. Lecornu.

Lorsqu'un solide se meut avec une vitesse (vecteur) constante, dans un fluide parfait, indéfini, primitivement au repos et libre de forces, la résultante des pressions est nulle et l'action du fluide sur le solide se réduit à un couple dont le plan contient la direction de la vitesse du solide.

Ce théorème contient bien le paradoxe de d'Alembert et le théorème de M. Noaillon. Je l'ai établi il y a longtemps (²) dans des hypothèses très étendues, puisque ma démonstration est valable, savoir : quelle que soit la nature (compressible ou non) du fluide et quel que soit le mouvement induit dans le fluide par le solide (rotationnel ou non). Naturellement, en tout cas, le fluide doit être en repos à l'infini; d'une manière plus précise la vitesse doit s'y annuler d'une façon convenable.

Le regretté Duhem dans des Notes plus récentes (³), en reprenant mes calculs, a étendu mes conclusions au cas où le fluide est le siège de discontinuités, tandis que j'avais supposé le mouvement du fluide partout continu.

MM. Émile Jouguet et Maurice Roy, dans une Note très récente (⁴) se proposent de montrer que, dans le cas des fluides compressibles, pour les projectiles plus rapides que le son, l'existence d'ondes de choc en régime permanent est incompatible avec le repos à l'infini, tel que l'entendent les théorèmes cités, de sorte que les auteurs voient par là le moyen d'échapper au paradoxe de d'Alembert.

Qu'il me soit permis d'intervenir dans ce très intéressant sujet. En premier lieu je dois signaler que Lord Rayleigh avait déjà exprimé l'opinion que pour les fluides compressibles le paradoxe de d'Alembert ne doit pas subsister lorsque le solide est plus rapide que le son (⁵).

A la même époque je m'occupais de préciser les circonstances compatibles avec la condition que la pression ne soit nullement négative (⁶).

(¹) Séance du 19 mai 1924.

(²) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1209.

(³) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 592 et 638.

(⁴) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1470.

(⁵) *Philosophical Magazine*, t. 67, juillet 1906, p. 1.

(⁶) Voir ma Note *Sul limite superiore della velocità di regime di corpi solidi entro mezzi fluidi e di fluidi scorrenti entro tubi o canali* (*Il Politecnico*, vol. 8, Milano, 1916, p. 737-756).

Voici ma conclusion : *pour tout fluide (compressible ou non) la valeur de la vitesse du solide ne doit pas surpasser une valeur limite.* — Au delà de cette valeur limite les équations hydrodynamiques ne sont pas applicables : en particulier, ne sont pas applicables les théorèmes ci-dessus cités et le paradoxe de d'Alembert.

La valeur limite dépend : dans le cas des liquides, de la densité, de la pression statique et du champ des forces; dans le cas des fluides compressibles intervient aussi la valeur de la vitesse de propagation du son. Pour les détails voir ma dernière Note citée.

AVIATION. — *Sur les qualités aérodynamiques de l'avion utilisé par Pelletier d'Oisy dans son raid Paris-Shanghaï.* Note de M. **Louis Breguet**, présentée par M. Charles Richet.

Nous avons cru opportun, devant l'importance des résultats obtenus par Pelletier d'Oisy avec l'appareil de notre fabrication qui lui avait été confié, d'indiquer quelles étaient les principales caractéristiques de l'avion qu'il montait et pourquoi il a pu accomplir régulièrement toute une série de vols de plus de 1500^{km} chacun, sans escale, à la vitesse moyenne non encore atteinte jusqu'alors sur de tels parcours, de 190^{km} à l'heure.

Entre Paris et Hanoï, Pelletier d'Oisy a, en effet, franchi 14000^{km} en 12 étapes et en 74 heures de vol. Sa première étape, celle de Paris à Bucarest — par l'itinéraire suivi — comportait près de 2000^{km} franchis en 11 heures.

L'avion portait une quantité de combustible suffisante pour franchir, d'un seul vol, environ 2400^{km} par vent nul. La surface des ailes était de 50^{m^2}.

	kg
Le poids, non chargé et les réservoirs vides, était de	1200
Le poids du pilote équipé	100
Le poids du passager, des provisions, du matériel de rechange, des armes et des munitions	450
La charge de combustible, réservoirs pleins :	
Essence	650
Huile	85
Poids total	2485

De nos chiffres, corroborés par ceux communiqués de Karachi par Pelletier d'Oisy dans sa lettre au colonel de Goys, il résulte que la

consommation horaire d'essence aurait été, en moyenne, de 74^l pour un réglage riche du carburateur, et que la consommation horaire d'huile peut être estimée entre $5^l,5$ et 6^l.

La vitesse moyenne de l'avion ayant été voisine de 190^{km} par heure, c'est en fin de compte une consommation moyenne de 30^{kg} de combustible aux 100^{km} qui a été réalisée (39^l d'essence, $2^l,7$ d'huile).

Dans ces conditions, les réservoirs n'ayant pas été complètement remplis, le poids total de l'appareil ayant été en général, au départ, de 2400^{kg}, c'est, pour des étapes de 1350^{km}, une consommation de combustible de 405^{kg}, sur laquelle il est légitime de tabler.

Si l'on note que le rendement de l'hélice est de l'ordre de 75 pour 100, que la consommation spécifique horaire d'essence et d'huile pour le réglage du carburateur employé n'a pu être inférieure à $0^{kg},280$, que le coefficient de correction dû au vent pour une vitesse de vent de 7^m par seconde, tantôt debout, tantôt arrière, suivant les étapes, peut être estimé à 0,98, l'application de la formule donnant le rayon d'action d'un avion en air calme, permet de calculer la résistance relative tang φ de l'avion [1].

Cette formule, en effet, est la suivante :

$$L = \frac{622\lambda\rho}{m \tan\varphi} \log \frac{P_0}{P_1 - P_C},$$

dans laquelle :

ρ est le rendement du propulseur,
m la consommation spécifique horaire du moteur en essence et huile,
tang φ la résistance relative correspondant au régime de vol adopté,
P_0 le poids total de l'avion chargé au début de l'étape,
P_C le poids de combustible dépensé,
λ un facteur de correction dû au vent.

En remplaçant L par 1350^{km} et les autres termes par les valeurs indiquées, on voit que seule tang φ est bien l'inconnue et qu'en effectuant le calcul on trouve tang $\varphi = 0,097$ pour le régime de vol adopté. Cette résistance relative de 0,097 peut être considérée comme particulièrement faible si l'on note qu'elle est obtenue pour une portance de 0,324.

(Le calcul de cette portance résulte de la connaissance de l'altitude de vol, de la température de l'air, de la vitesse aérodynamique réalisée et de la charge moyenne au mètre carré sur les ailes de l'appareil.)

---

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 870.

En effet, la résistance relative minimum, que l'on appelle en général finesse, est obtenue pour des portances de l'ordre de 0,55 et pour lesquelles on aurait trouvé une finesse de l'ordre de 0,09 et une vitesse de seulement 145^{km} à l'heure.

A titre de comparaison, et pour juger du progrès réalisé, nous signalons que les bons avions actuellement en service sur la ligne Paris-Bucarest de la Compagnie Franco-Roumaine de Navigation aérienne, munis du même moteur Lorraine que l'avion de Pelletier d'Oisy, ont, d'après les statistiques, une consommation aux 100^{km} de 40^{kg} en chiffres ronds, et ceci pour des vitesses moyennes de 161^{km} à l'heure, réalisées sur des étapes ne dépassant pas 500^{km} avec des charges marchandes de 310 à 350^{kg}.

Il est ainsi permis d'affirmer, sans diminuer ni le mérite exceptionnel du pilote, ni celui de la sûreté de marche du moteur utilisé, que ce sont les qualités aérodynamiques de notre avion, liées à une construction particulièrement légère bien que robuste, réduisant autant que possible les poids morts, qui ont permis au lieutenant Pelletier d'Oisy de porter normalement ses étapes à 1500^{km} et parfois même davantage, et cela sans surcharger son appareil et sans demander à son moteur sa pleine puissance.

On peut en effet tirer des chiffres que nous avons donnés dans cette Note, que la puissance réclamée en moyenne au moteur n'était que de 200 CV, alors que sa puissance nominale est de 400 CV. Ce faible régime de puissance a permis à Pelletier d'Oisy de ménager constamment son moteur en lui évitant des fatigues excessives.

Il y a lieu également de mentionner que ce sont ces mêmes qualités aérodynamiques qui ont permis (malgré ce régime de puissance modérée) de maintenir une vitesse moyenne de vol élevée, et cela tout en emportant une charge marchande encore appréciable, puisqu'elle s'est trouvée être de l'ordre de 450^{kg}.

Si nous avons donné tous ces détails, c'est qu'ils marquent dès aujourd'hui une étape importante vers les progrès qui permettront bientôt l'exploitation des grandes lignes aériennes intercontinentales, progrès dont la réalisation implique au premier chef la possibilité d'accomplissement de longues étapes.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Polarisation de la Lune et des planètes Mars et Mercure*. Note de M. **Bernard Lyot**, présentée par M. Deslandres.

J'ai décrit dans une précédente Note [1] comment varie la polarisation de Vénus quand l'angle sous lequel elle diffuse la lumière prend successivement toutes les valeurs ainsi que l'appareil ayant servi à mesurer ces faibles polarisations. La Lune, Mercure et Mars, étudiés avec le même appareil, se comportent d'une manière toute différente.

Les mesures effectuées sur la Lune avec une lunette de $0^m,175$ d'ouverture ont porté tout d'abord principalement sur 23 régions dispersées sur toute la surface et dont la teinte allait du gris très foncé, comme Sinus æstuum, au blanc le plus brillant pour une tache blanche située au sud-est de Furnérius. La première est représentée par la courbe S, l'autre par la courbe B.

Toutes ces régions ont fourni des courbes semblables, présentant pour un angle d'une centaine de degrés un maximum compris entre 45 et 180 millièmes, d'autant plus élevé que la teinte du sol est plus sombre.

Leurs positions n'exercent aucune influence sur le plan de polarisation qui est en tous points parallèle ou normal au plan de diffusion; elles ne semblent affecter la proportion de lumière polarisée qu'au voisinage du terminateur où celle-ci est un peu plus forte.

A partir du premier quartier, les polarisations de tous ces points, parallèles comme on sait au plan de diffusion, diminuent suivant des courbes qui viennent se confondre avec la courbe G.

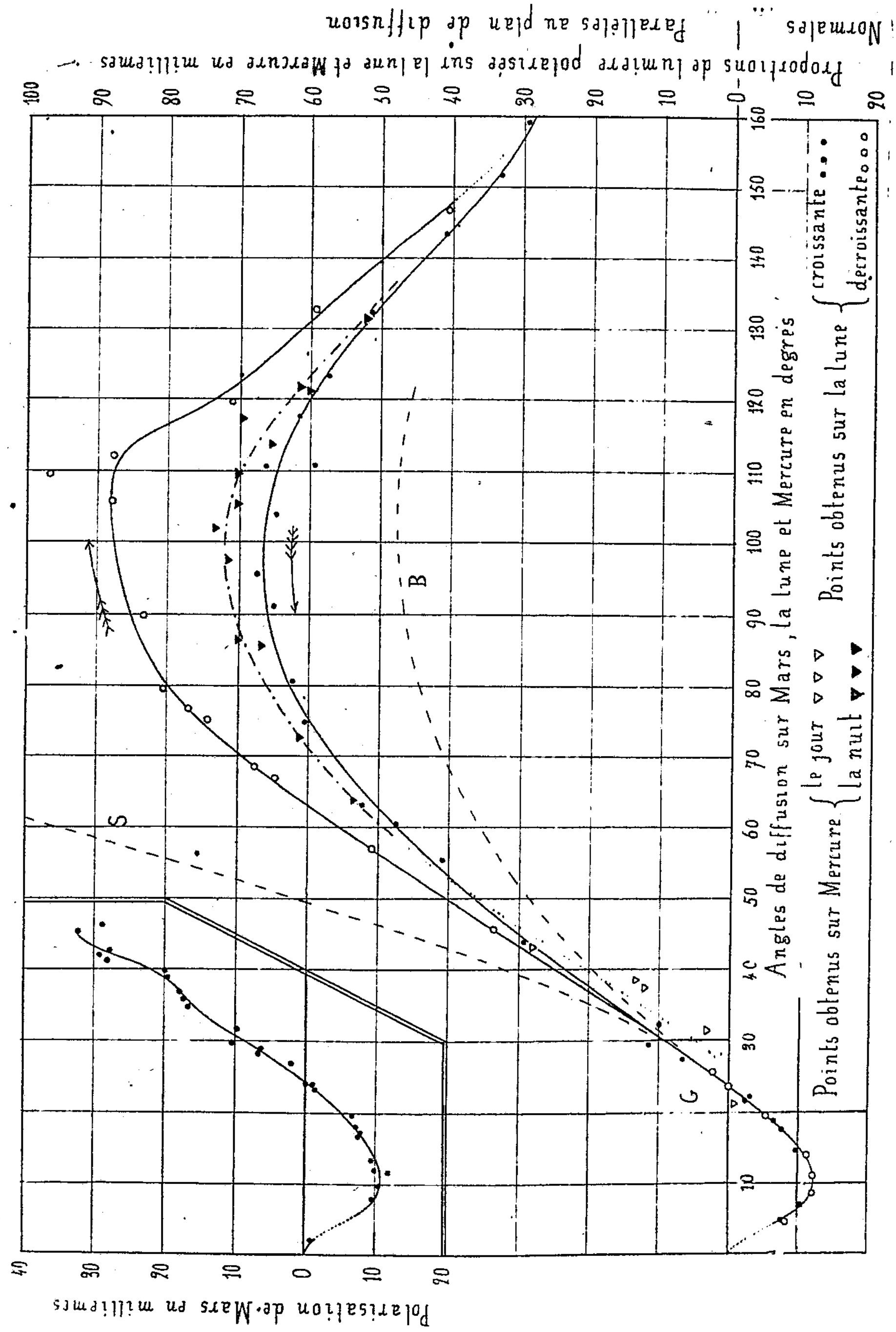
Environ cinquante heures avant la pleine lune, pour un même angle de 24°, elles s'annulent d'abord à l'Est, puis à l'Ouest, et réapparaissent moins de 2 heures après dans un plan perpendiculaire.

Après cette inversion, la polarisation, que nous appelons maintenant négative pour plus de commodité, atteint sous un angle de 10 à 11° un maximum de 11 à 12 millièmes sur les terres et de 13 à 14 sur les mers pour s'annuler finalement lors des oppositions exactes.

Une autre série de mesures, portant sur la lumière générale de la Lune, a été faite avec le même polarimètre en formant une petite image de celle-ci sur la pupille de l'observateur; les valeurs ainsi obtenues, représentées

---

[1] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1015.


Proportions de lumière polarisée sur la lune et Mercure en millièmes
Normales
Parallèles au plan de diffusion
Angles de diffusion sur Mars, la lune et Mercure en degrés
Points obtenus sur Mercure { le jour ▽ ▽ ▽ / la nuit ▼ ▼ ▼
Points obtenus sur la lune { croissante • • • / décroissante ∘ ∘ ∘
Polarisation de Mars en millièmes
B
S
G

par les points de la courbe G, appartiennent à plusieurs lunaisons, par suite la libration a dispersé certains points vers la quadrature.

La différence de teinte des moitiés est et ouest se manifeste nettement par des polarisations plus fortes pendant le décours qu'à la Lune croissante. La chute brusque de polarisation qu'on observe après le dernier quartier est causée sans doute par la disparition au terminateur des régions les plus sombres de l'océan des tempêtes.

Sur Mars les observations, au nombre de 28, ont commencé à l'opposition du 10 juin 1922.

La polarisation nulle à ce moment a varié comme l'indique la courbe qui est presque identique à celle de la Lune.

La polarisation des terres, puis celle des mers qui était un peu plus forte en valeur absolue, ont changé de signe successivement pendant les nuits du 9 et du 10 juillet pour un angle de diffusion de 24°, valeur identique à celle qui a été trouvée pour la Lune.

Les bords de la planète, les neiges polaires et le terminateur ont été un peu plus polarisés que la région centrale. Les oscillations visibles sur la courbe peuvent être attribuées à la rotation de la planète; elles sont en effet sensibles surtout dans la partie droite où l'angle de diffusion variait très lentement.

Les observations de Mercure ont été effectuées principalement à la tombée de la nuit aux environs des quadratures de mai 1922 et d'avril 1924 avec l'équatorial de $0^{m},83$ de l'Observatoire de Meudon.

Elles ont fourni une série de points qui viennent se placer entre la courbe de la Lune croissante et celle de la Lune décroissante. Une autre série portant sur des angles de diffusion plus petits a été faite nécessairement de jour en compensant la polarisation atmosphérique au moyen du dispositif utilisé précédemment sur Vénus, mais la petitesse du disque et surtout le faible éclat de la surface relativement à celui de l'atmosphère au voisinage du Soleil ont beaucoup nui à la précision des mesures. Les points obtenus montrent cependant que la polarisation varie sensiblement de la même manière que celles de la Lune et de Mars et doit s'annuler à peu près pour le même angle de diffusion.

Les courbes qui viennent d'être décrites témoignent d'une parenté étroite entre les trois planètes : leurs sols ont vraisemblablement des constitutions physiques analogues; d'autre part, si Mercure a une atmosphère, elle ne peut être assez épaisse pour nous cacher sa surface.

ASTRONOMIE. — *Sur la visibilité de l'auréole pendant le dernier passage de Mercure.* Note de M. W. Abbott.

Pour l'observation de ce passage du 8 mai 1924, nous étions dans la haute Attique, où la pureté et surtout le calme de l'atmosphère sont exceptionnels. Le passage fut suivi avec une extrême attention et les constatations suivantes furent faites indépendamment par deux observateurs sur la visibilité de l'auréole.

Au début (Soleil encore très bas), les images étaient agitées et l'auréole, très étendue, se voyait parfaitement; à mesure que les images devenaient meilleures, la visibilité et l'étendue de l'auréole diminuèrent. A partir de $16^h 2^m$ (t. m. de Greenwich) et surtout de $16^h 45^m$, les images étaient parfaites. Dans ces conditions d'*immobilité absolue* des images, on ne voyait aucune trace d'auréole; les grains de riz et les petites facules solaires arrivaient à toucher le limbe de la planète sans subir la moindre variation d'aspect. Cependant la moindre agitation, si petite qu'elle fût, se traduisait immédiatement par l'apparition de l'auréole. Ces constatations faites, nous l'avons dit, indépendamment par deux observateurs, nous permettent de dire que la visibilité de l'étendue et l'intensité de l'auréole sont fonctions de l'agitation atmosphérique.

THÉORIE DES QUANTA. — *Sur l'équation de Jacobi d'un point de masse variable avec la force vive.* Note de M. R. Dugas, présentée par M. L. Lecornu.

I. Considérons un point de masse $m(\mathrm{T})$ variable avec la force vive et soumis à un champ de forces dépendant (en coordonnées semi-polaires ρ, θ, z) de la fonction $\mathrm{U}(\rho, z)$.

On peut obtenir aisément l'équation de Jacobi du point m.

L'équation de la trajectoire, projetée sur le plan (ρ, θ) s'écrit :

$$(1) \qquad \frac{d^2 \frac{1}{\rho}}{d\theta^2} + \frac{1}{\rho} = -m \frac{\partial \mathrm{U}}{\partial \rho} \frac{\rho^2}{\mathrm{C}^2}.$$

C est la constante des aires $m\rho^2\theta' = \mathrm{C}$. On déduit de (1) :

$$(2) \qquad \frac{\mathrm{C}^2}{2} d \left[\left(\frac{d \frac{1}{\rho}}{d\theta} \right)^2 + \frac{1}{\rho^2} \right] = + m \frac{\partial \mathrm{U}}{\partial \rho} d\rho,$$

ou, revenant aux dérivées par rapport à t,

$$\frac{1}{2} d\left[(m\rho')^2 + \frac{1}{\rho^2}(m\rho^2\theta')^2\right] = m\frac{\partial U}{\partial \rho} d\rho. \tag{3}$$

D'autre part, l'équation de Lagrange en z donne

$$\frac{1}{2} d(mz')^2 = m\frac{\partial U}{\partial z} dz. \tag{4}$$

Additionnant (3) et (4) et intégrant,

$$\frac{1}{2}\left[(m\rho')^2 + \frac{1}{\rho^2}(m\rho^2\theta')^2 + (mz')^2\right] = \int m\, dU + k. \tag{5}$$

Or la notion d'action subsiste pour le point $m(T)$. On a donc, si V est l'action,

$$\frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial V}{\partial \rho}\right)^2 + \frac{1}{\rho^2}\left(\frac{\partial V}{\partial \theta}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial z}\right)^2\right] = \int m\, dU + k; \tag{6}$$

c'est l'équation de Jacobi cherchée.

Si nous introduisons le point de masse 1 qui a même trajectoire que le point m, la fonction de forces correspondante est U′, définie par

$$dU' = m(T)\, dU = m(U+h)\, dU. \tag{7}$$

L'équation de Jacobi du point m ne dépend donc que de la fonction U′ *et elle a rigoureusement la même forme que l'équation de Jacobi du point de masse* 1 *de même trajectoire.*

Toutefois, il subsiste entre les deux cas une différence importante : pour le point (1, U′), l'équation (6) est identique à celle des forces vives ; pour le point (m, U), (6) est une transformation de $T = U + h$ et peut s'écrire

$$\int m\, dT = \int m\, dU + k. \tag{8}$$

La constante k est une fonction de h dont la forme dépend de celle de $m(T)$. Par exemple, en relativité restreinte $m = m_0 + \frac{T}{c^2}$, (8) s'écrit

$$m_0 T + \frac{1}{2}\frac{T^2}{c^2} = \int m(T)\, dU + k,$$

et en remplaçant T par $U + h$ on trouve immédiatement

$$k = m_0 h + \frac{h^2}{c^2}. \tag{9}$$

La formule (9) est valable quelle que soit la fonction $U(\rho, z)$.

II. Considérons l'électron $m = m_0 + \frac{T}{c^2}$ soumis au champ newtonien du noyau O ([1]). Soit m_0 le point de masse m_0 constante, ayant même trajectoire. Les équations de Jacobi de ces deux points, dont nous désignons également l'énergie par h, diffèrent du terme $\frac{h^2}{c^2}$.

Or on sait que, dans la théorie des quanta, toute la spectroscopie se déduit de la relation entre h et les périodes de l'action, ou, ce qui revient au même, entre h et les nombres entiers dits quantiques n et n'. Pour m cette relation s'écrit ([2])

$$(10) \qquad \left[1 + \frac{\alpha^2}{[n' + \sqrt{n^2 - \alpha^2}]^2}\right]^{-\frac{1}{2}} = 1 + \frac{h}{m_0 c^2}.$$

Pour m_0, de même trajectoire que m, on trouve

$$(11) \qquad \left[1 + \frac{\alpha^2}{[n' + \sqrt{n^2 - \alpha^2}]^2}\right]^{-\frac{1}{2}} = \left(1 + \frac{h}{m_0 c^2}\right)\left(1 + \frac{h^2}{m_0^2 c^4}\right)^{-\frac{1}{2}}.$$

La structure du spectre résulte tout entière de cette formule par la loi de Planck. On voit que les deux électrons m et m_0 conduisent à deux structures différentes. Cette différence est accessible à l'expérience : en effet, $\frac{h^2}{m_0 c^2}$ est de l'ordre de grandeur de la constante α^2 et l'on pousse dans l'application de (10) le développement en série jusqu'aux termes en α^4.

Une expérience confirmant (10) est donc décisive pour conclure à la variabilité de la masse. Les raisonnements qui précèdent ne sont peut-être pas inutiles pour l'établir, étant donnée l'analogie entre la dynamique de m et celle de m'.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'origine commune de l'électromagnétisme et de la géométrie différentielle.* Note de M. A. BUHL, présentée par M. P. Appell.

Reprenons la matrice (4) de notre précédente Note ([3]) et plus précisément trois colonnes quelconques d'indices i, j, k. Le déterminant ainsi constitué

([1]) L'équation de Jacobi a été établie dans ce cas par SOMMERFELD (*Atombau und Spektrallinien*), mais par un calcul utilisant la forme particulière de la loi linéaire m(T) et non applicable à une loi quelconque.

([2]) Pour l'établissement de cette formule, voir *loc. cit.*

([3]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1518.

ne change pas si l'on y remplace les ∂ par des D tels que

$$(1) \qquad \frac{D}{Dx_i} M_{jk} = \frac{\partial}{\partial x_i} M_{jk} - \Gamma^{\alpha}_{ik} M_{j\alpha} - \Delta^{\alpha}_{ik} M_{\alpha k}.$$

Or, ce résultat, manifestement associé de manière immédiate aux équations générales de l'électromagnétisme, est associé de manière tout aussi étroite à la géométrie différentielle.

En égalant l'expression (1) à zéro, on obtient les équations de Weingarten correspondant à l'étude des surfaces par leur représentation sphérique (1).

Comme je l'ai encore indiqué dans la Note précédente, si l'on part d'une matrice tourbillonnaire à deux lignes, le procédé permet d'établir les équations de déplacement parallèle de M. Levi-Civitá, équations dont les premiers membres combinés avec les dérivées covariantes données par (1) quand les Δ et les Γ sont identiques [ou même différents, cas examiné dans mon troisième Mémoire (2)], permettent d'aborder la théorie générale de la courbure.

On est aussi en mesure d'écrire les équations de Codazzi

$$\frac{D\xi_i}{Dx_l} = b_{il} X,$$

et l'on voit apparaître *toute* la géométrie différentielle sous la forme classique adoptée par Bianchi. D'ailleurs il n'y a rien que de très naturel dans le fait de constater que cette géométrie et l'électromagnétisme peuvent avoir une même base; à moins de croire que le solide est seul apte aux générations géométriques, il faut s'attendre à trouver un caractère générateur analogue et plus général du côté de la physique de la lumière. Avec cet ordre logique les résultats gravitationnels viennent *après* les résultats électromagnétiques.

Quant aux généralités plus ou moins analogues à ce qui précède, et visant notamment l'introduction précise de la métrique après des préliminaires amétriques, je dois citer, outre le travail de M. P. Dienes déjà mentionné, celui de M. G. Darmois (3) et celui de M. E. Cartan (4).

---

(1) L. Bianchi, *Lezioni di Geometria differenziale*, 3a edizione, Vol. 1, p. 230.

(2) *Sur les formules fondamentales de l'Électromagnétisme et de la Gravifique* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 3e série, t. 15, 1923, p. 18).

(3) *Sur les éléments de Géométrie des Espaces* (*Annales de Physique*, 10e série, t. 1, 1924, p. 5).

(4) *Sur les variétés à connexion affine et la Théorie de la Relativité généralisée* (*Annales de l'École Normale*, 3e série, t. 40, 1923, p. 325).

ÉLECTRICITÉ. — *Perfectionnements aux triodes démontables de grande puissance.* Note (1) de M. **Holweck**, présentée par M. G. Ferrié.

Le premier modèle de triode démontable a été décrit dans une précédente Note (2). L'appareil était alors caractérisé par l'emploi de joints en caoutchouc pour réunir d'une façon étanche les différentes pièces isolantes et métalliques qui le constituaient. Ce joint avait été choisi, parce qu'il est le seul, étanche, démontable et sans tension de vapeur importante, capable de résister à une élévation de température de 100°. Cependant, ce mode de réunion présentait différents inconvénients, dont le plus grave était de nécessiter une vérification d'étanchéité après chaque remontage.

Dans le nouveau modèle de lampe démontable les joints employés sont des rodages coniques qui, convenablement graissés, sont toujours étanches; mais pour lesquels toute élévation de température est interdite. Les caractéristiques électriques du modèle de 10 kilowatts ont été conservées, seule la disposition mécanique a été perfectionnée.

Description. — La figure représente la coupe d'une triode du type de celles actuellement en service au Poste de la Tour Eiffel.

Les joints sont constitués par des cônes A d'angle rigoureusement constant, graissés avec une substance capable de les mouiller et ne présentant pas de tension de vapeur gênante : de graisse à robinet, par exemple.

Cette substance organique pouvant arriver à garnir l'extrémité intérieure du rodage et ne devant pas être bombardée par les électrons, sous peine de décomposition avec de grands dégagements de gaz, des anneaux de garde B protègent les rodages dans les régions de champ électrique intense. Enfin les rodages ne devant pas chauffer, ils sont refroidis soit par une circulation d'eau particulière (c'est le cas de la tête C de la lampe), soit par une dérivation de l'eau de réfrigération de l'anode; des chicanes échancrées D et E contribuent à assurer ce refroidissement.

Une autre modification consiste à rendre le filament et la grille solidaires de la tête C de la triode, de façon à permettre le centrage facile de ces deux pièces. L'isolement de la grille est assuré par des pièces de verre F et la prise de contact au moyen d'un ressort G appuyant sur un plot H communiquant avec l'extérieur au moyen d'un joint soudé.

(1) Séance du 19 mai 1924.
(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 164.

Pour parfaire le centrage, le guide tenseur du filament passe dans une

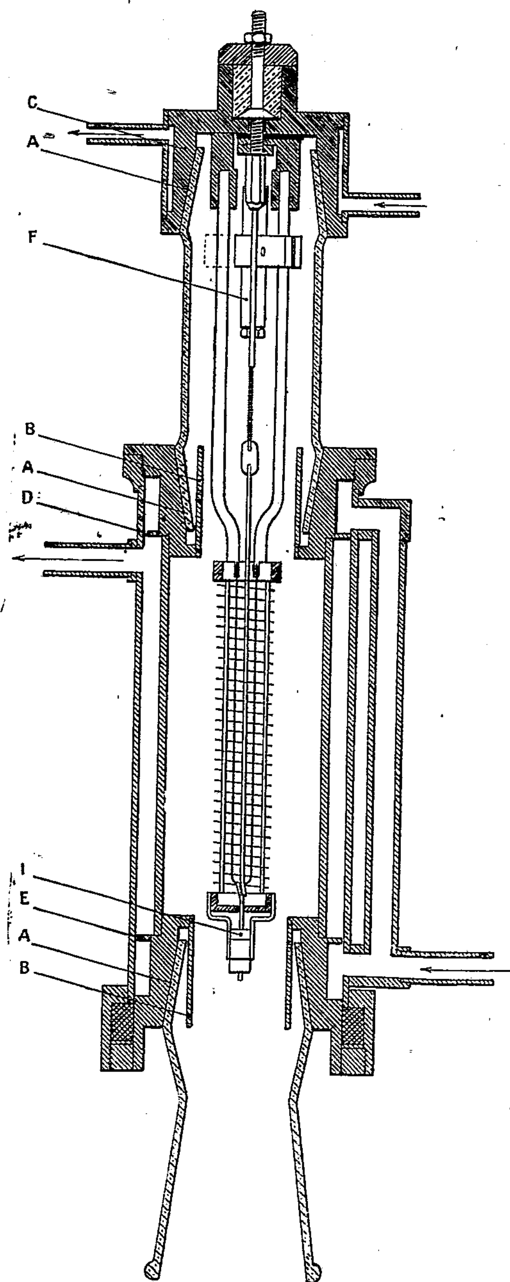


Fig. 1.

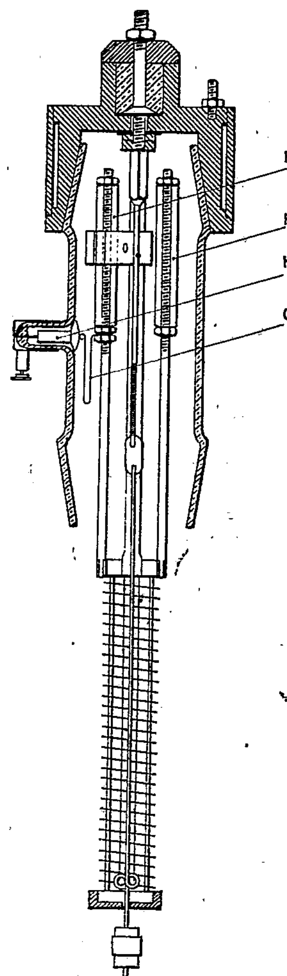


Fig. 2.

pièce isolante en quartz I portée par la grille.

Les caractéristiques électriques sont restées celles de la lampe décrite dans la précédente Note ainsi que le rendement, c'est-à-dire qu'avec un courant d'alimentation de 2 ampères sous 5000 volts, la triode peut fournir 8 kilowatts de courant à haute fréquence, soit 35 ampères dans l'antenne de la Tour Eiffel sous 2600^m de longueur d'onde ($R = 6,5$ ohms).

Le temps nécessaire pour réparer une lampe avariée a été considérablement diminué et l'opération rendue facile à un personnel peu expérimenté. En effet, l'avarie principale étant la rupture du filament, il suffit, pour réparer la lampe, de remplacer la tête avariée par une tête neuve en démontant le joint supérieur A, opération qui se fait très simplement et ne demande que 10 à 15 minutes, y compris la période de pompage et de formation de la lampe.

Diodes et triodes de plus grande puissance. — En adoptant ce nouveau mode de construction, il a été réalisé un modèle de diode de plus grandes dimensions dans laquelle l'anode a $4^{cm},5$ de diamètre et 20^{cm} de longueur, le filament est en tungstène cylindrique de $0^{mm},8$ de diamètre et de 64^{cm} de long, alimenté en deux moitiés montées en parallèle. Le courant de saturation est de 16 ampères environ et la diode peut redresser 60 à 70 kilowatts sous une tension de 8000 volts. Le rendement, mesuré au moyen de la chaleur dégagée dans le rhéostat liquide servant à charger la diode pendant l'essai et de l'élévation de température de l'eau refroidissant l'anode, est voisin de 90 pour 100.

Le même appareil, par l'addition d'une grille, a donné une triode capable de fournir 70 ampères dans l'antenne de la Tour Eiffel, soit 32 kilowatts, l'alimentation (6 ampères, 7000 volts) étant assurée au moyen de courant alternatif à 1000 périodes redressé au moyen de la diode précédemment décrite.

OPTIQUE. — *Vecteur radiant et rayon lumineux dans les cristaux possédant le pouvoir rotatoire naturel.* Note de M. **H. Chipart**, présentée par M. L. Lecornu.

Les conceptions modernes, inspirées des vues de Poynting, assimilent le rayon lumineux à la trajectoire de l'énergie rayonnée. D'une manière plus précise, le vecteur radiant (moyen) Π_m serait le produit de la vitesse radiale par l'énergie électromagnétique (moyenne) U_m.

Les milieux optiquement actifs sont essentiellement des milieux dispersifs,

en sorte que la question se pose de décider quelle est celle des deux vitesses, vitesse de phase ou vitesse d'amplitude, qui doit figurer dans l'énoncé de Poynting. Nous allons vérifier que c'est la vitesse d'amplitude.

Composantes du rayon lumineux. — Pour calculer les coordonnées du point où le plan d'onde $(n\alpha x + n\beta y + n\gamma z - 1 = 0)$ touche son enveloppe, j'utiliserai le théorème II démontré dans ma précédente Communication [1].

L représentant la forme quadratique en E_{1x}, E_{1y}, ..., E_{2z} :

$$L = \left(\frac{E^2}{2} + W\right)_m - \left(\frac{H^2}{2}\right)_m,$$

la vitesse de phase $\left(V = \frac{1}{n}\right)$ est racine d'une équation bicarrée qu'on peut obtenir en éliminant E_{1x}, E_{1y}, ..., E_{2z} entre les six équations

$$\frac{\partial L}{\partial E_{1x}} = \frac{\partial L}{\partial E_{1y}} = \ldots = \frac{\partial L}{\partial E_{2z}} = 0.$$

Avec mes notations antérieures [2], on a les formules

$$\left(\frac{E^2}{2} + W\right)_m = \frac{E_1^2 + E_2^2 + \varphi_1 + \varphi_2}{4} + \frac{\pi n}{\tau}\begin{vmatrix} E_{1x} & E_{1y} & E_{1z} \\ (A\nu) & (B\nu) & (C\nu) \\ E_{2x} & E_{2y} & E_{2z} \end{vmatrix} = L_0 + L_1\frac{n}{\tau},$$

$$\left(\frac{H^2}{2}\right)_m = n^2\frac{(\alpha^2+\beta^2+\gamma^2)(E_1^2+E_2^2) - \Theta_1^2 - \Theta_2^2}{4} = L_2 n^2,$$

en posant

$$\varphi_1 = \varphi(E_{1x}, E_{1y}, E_{1z}), \qquad (A\nu) = A'\alpha + A''\beta + A'''\gamma, \qquad \Theta_1 = \alpha E_{1x} + \beta E_{1y} + \gamma E_{1z}.$$

L'équation du plan d'onde ainsi que l'expression obtenue pour L étant homogènes en α, β, γ et $\frac{1}{n}$ on peut, dans le calcul de l'enveloppe, laisser de côté la condition $\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 - 1 = 0$. Les équations qui définissent le point de contact (x, y, z) sont

$$\frac{\partial J}{\partial E_{1x}} = \frac{\partial J}{\partial E_{1y}} = \ldots = \frac{\partial J}{\partial E_{2z}} = \frac{\partial J}{\partial \alpha} = \frac{\partial J}{\partial \beta} = \frac{\partial J}{\partial \gamma} = \frac{\partial J}{\partial n} = 0,$$

J désignant la quantité

$$J = k_{1x}\frac{\partial L}{\partial E_{1x}} + \ldots + k_{2z}\frac{\partial L}{\partial E_{2z}} - n(\alpha x + \beta y + \gamma z)$$
$$= \Sigma E_{1x}\frac{\partial L}{\partial k_{1x}} - n(\alpha x + \beta y + \gamma z).$$

---

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1532.
(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 77.

Les six premières équations prouvent que les paramètres auxiliaires $k_{1x}, \ldots, k_{2z}$ sont proportionnels aux $E_{1x}, \ldots, E_{2z}$, d'où résulte

$$J - kL - n(\alpha x + \beta y + \gamma z).$$

Les conditions $\frac{\partial J}{\partial n} = 0$ et $\frac{\partial J}{\partial \alpha} = 0$ donnent :

$$K\frac{\partial L}{\partial n} = \frac{1}{n}, \qquad K\frac{\partial L}{\partial \alpha} - nx = 0, \qquad \text{d'où} \qquad x = \frac{\left(\frac{\partial L}{\partial \alpha}\right)}{n^2\left(\frac{\partial L}{\partial n}\right)}.$$

Composantes du vecteur radiant. — La formule (7) de ma précédente Communication devient

$$\Pi_x = E_y H_z - E_z H_y - \frac{1}{2}\frac{\partial \Psi'}{\partial t} - \frac{1}{2}\begin{vmatrix} E_x & E_y & E_z \\ A' & B' & C' \\ \frac{\partial E_x}{\partial t} & \frac{\partial E_y}{\partial t} & \frac{\partial E_z}{\partial t} \end{vmatrix},$$

d'où

$$\Pi_{mx} = \frac{1}{\tau}\int_0^\tau \Pi_x\,dt = \frac{n}{2}\{\alpha(E_1^2 + E_2^2) - E_{1x}\Theta_1 - E_{2x}\Theta_2\} - \frac{\pi}{\tau}\begin{vmatrix} E_{1x} & E_{1y} & E_{1z} \\ A' & B' & C' \\ E_{2x} & E_{2y} & E_{2z} \end{vmatrix},$$

c'est-à-dire

(1) $$\Pi_{mx} = -\frac{1}{n}\frac{\partial L}{\partial \alpha} = -nx\frac{\partial L}{\partial n} \qquad (x, y, z, \text{rayon lumineux}).$$

Relation entre la vitesse de phase V *et la vitesse d'amplitude* V_a. — Appliquons la formule de Lord Rayleigh et M. Gouy :

$$\frac{V}{V_a} = 1 - \frac{\tau}{n}\frac{dn}{d\tau}.$$

Le théorème II apprend que l'indice $n = \frac{1}{V}$ vérifie l'égalité

$$0 = L = L_0 + L_1\frac{n}{\tau} - L_2 n^2, \qquad \text{d'où} \qquad U_m = 2L_2 n^2.$$

On a de plus

$$\frac{\partial L}{\partial E_{1x}} = \ldots = \frac{\partial L}{\partial E_{2z}} = 0.$$

De là résulte

$$\frac{\partial L}{\partial n}\frac{dn}{d\tau} = \frac{L_1 n}{\tau^2},$$

et par suite

$$n\frac{\partial L}{\partial n}\left(1 - \frac{\tau}{n}\frac{dn}{dt}\right) = -2L_2 n^2 = -U_m.$$

En définitive, les deux vitesses V et V_a satisfont à la relation

$$(2) \qquad -n\frac{\partial L}{\partial n} = \frac{V_a}{V} U_m.$$

Relation entre le vecteur radiant et le rayon lumineux. — La comparaison des égalités (1) et (2) donne

$$\Pi_{mx} = x\frac{V_a}{V} U_m = x_a U_m,$$

x_a, y_a, z_a désignant les composantes de la vitesse radiale V_{ar}.

C'est donc la vitesse d'amplitude V_a qui intervient dans l'énoncé de Poynting, résultat qu'on pouvait prévoir en observant qu'une onde rigoureusement monochromatique constitue une impossibilité physique, et que d'autre part le chemin parcouru en l'unité de temps par l'énergie rayonnée est égal à la vitesse (radiale) d'amplitude du train d'ondes lorsque le milieu est dispersif.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la constante radioactive du radon.*
Note [1] de M[lles] **Irène Curie** et **C. Chamié**.

La constante radioactive du radon a été déterminée à la précision de 1 pour 100 par M[me] Curie [2] et par Sir E. Rutherford [3]; on a admis d'après leurs résultats concordants T = 3,85 jours pour la période du radon.

Plus récemment Bothe et Leechner [4] ont obtenu un nombre un peu inférieur T = 3,810 jours. Nous avons repris la détermination de cette donnée importante par une méthode entièrement différente de celles qui avaient été employées.

Principe de la méthode. — Imaginons tout d'abord deux ampoules semblables contenant des quantités rigoureusement égales de radon, en équilibre avec leur dépôt actif à évolution rapide. L'une d'elles, placée dans une chambre d'ionisation, produit un courant i qui décroît avec le temps. On note l'instant t où ce courant i passe par une valeur bien déterminée,

(1) Séance du 19 mai 1924.
(2) M[me] Curie, *Traité de Radioactivité*, t. 1, 1910, p. 226.
(3) Sir E. Rutherford, *Radioactive Substances and their Radiations*, 1913, p. 354.
(4) Bothe et Leechner, *Zeit. f. Phys.*, t. 5 (5 et 6), 1921, p. 338.

soit a. On place ensuite les deux ampoules simultanément dans la chambre d'ionisation; quand la quantité de radon a décru de moitié, le rayonnement des deux ampoules réunies est égal au rayonnement initial de l'une d'elles et le courant produit dans la chambre s'égale de nouveau à la valeur a à un instant t'. On a exactement $t' - t = T$, période du radon.

En réalité on ne peut obtenir d'ampoules contenant des quantités absolument égales de radon. Soient q_1 et q_2 les quantités contenues dans les ampoules 1 et 2 au temps 0 ($q_1 < q_2$). On détermine l'instant t_1 où le courant i_1 produit par l'ampoule 1 dans la chambre d'ionisation compense exactement un courant constant de sens contraire, a. L'ampoule 1 est alors enlevée et remplacée par l'ampoule 2; on détermine l'instant t_2 où le courant i_2 compense le courant a. Les ampoules sont placées ensemble dans la chambre et l'on détermine l'instant t' où le courant i' compense le courant a. K_1 et K_2 étant les coefficients de proportionnalité du courant à la quantité de radon pour les ampoules 1 et 2, on peut écrire

$$a = K_1\, q_1, e^{-\lambda t_1} = K_2\, q_2\, e^{-\lambda t_2} = (K_1\, q_1 + K_2\, q_2)\, e^{-\lambda t'}.$$

d'où l'on tire, en éliminant a, $k_1 q_1$ et $k_2 q_2$ et en posant $t' - t_1 = \tau_1$, $t' - t_2 = \tau_2$, l'équation

$$2^{-\frac{\tau_1}{T}} + 2^{-\frac{\tau_2}{T}} = 1,$$

τ_1 et τ_2 étant déterminés expérimentalement, on peut calculer par une méthode d'approximation la période du radon.

Dans le cas où les temps t_1 et t_2 sont peu différents (ampoules de radon presque égales), on montre que l'équation en T a pour solution

$$T = \frac{1}{2}(\tau_1 + \tau_2) = t' - \frac{1}{2}(t_1 + t_2)$$

avec une approximation d'autant plus grande que t_1 et t_2 sont plus voisins. Dans nos expériences, il suffisait d'utiliser cette formule, le premier terme correctif (aisément calculable d'ailleurs) étant inférieur à $\frac{1}{10\,000}$ de la période.

Dispositif expérimental. — La chambre d'ionisation est d'un type employé couramment à l'Institut du Radium pour les mesures par rayonnement pénétrant; l'ampoule, placée au fond d'un tube métallique, est entourée par la chambre et agit à travers 12^{mm} de plomb environ. Le courant constant a est le courant d'ionisation produit par une ampoule de radium placée dans une autre chambre pareille à la première [1]. Les électrodes isolées sont reliées à un électromètre et l'on applique aux

[1] Ces chambres, spécialement construites pour une expérience de haute précision, seront décrites dans un article de Mme Curie qui paraîtra prochainement dans un autre Recueil.

armatures extérieures des tensions égales et opposées suffisantes pour obtenir une bonne saturation (800 volts environ). Les deux chambres sont étanches, de sorte que le courant d'ionisation ne subit aucune variation du fait des changements de température et de pression à l'extérieur. Les mesures sont faites au moyen du quartz piézoélectrique. Les ampoules de radon sont mises en place à côté l'une de l'autre, à 2^{mm} de distance, au moyen d'un dispositif convenable qui permet de les retirer et de les remettre rigoureusement dans la même position.

Marche d'une expérience. — On applique aux chambres des tensions opposées. Un tube contenant environ 5^{mg} de radium est fixé dans l'une des chambres.

On choisit deux ampoules de radon, de celles qui sont préparées pour l'usage médical (dimensions : 13^{mm} de long et $0^{mm},5$ de diamètre environ), contenant un peu plus de 5 millicuries de radon. On place dans la seconde chambre l'ampoule 1, la plus faible des deux, et à la place réservée à l'ampoule 2 on met une ampoule fictive, pareille aux autres, mais ne contenant pas de radon. Le courant $i_1 - a$, mesuré au quartz piézoélectrique, décroît avec le temps, passe par 0 au temps t_1, puis croît en sens contraire; on trace une portion de courbe représentant $i_1 - a$ en fonction du temps au voisinage de $i_1 - a = 0$.

L'ampoule 2 est alors mise en place, l'ampoule 1 étant enlevée et remplacée par l'ampoule fictive. On trace la courbe qui représente $i_2 - a$ en fonction du temps au voisinage de $i_2 - a = 0$.

L'ampoule 1 est replacée dans la chambre à côté de l'ampoule 2. Au bout d'une période, le courant $i' - a$ est voisin de 0, et l'on trace une portion de courbe de part et d'autre de cette valeur.

Les intersections des trois portions de courbe avec l'axe des abscisses donnent respectivement les temps t_1, t_2 et t'. Les observations directes du moment où le courant s'annule ont toujours été en accord avec les nombres résultant des courbes.

Discussion. — La discussion de la méthode et des causes d'erreur paraîtra prochainement dans un article plus détaillé, ainsi que les courbes expérimentales qui servent à déterminer les temps t_1, t_2 et t'. Des expériences ont aussi été faites pour vérifier avec une grande précision par une méthode de comparaison que la période reste la même pour des ampoules de radon d'âge différent en équilibre avec le dépôt actif à évolution rapide.

Résultats. — Il a été fait quatre expériences dont les résultats concordent à 1 pour 1000 près.

On admettra pour la période du radon $T = 3,823$ jours, à une précision au moins égale à 1 pour 2000 et probablement meilleure.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le spectre magnétique des rayons β du mésothorium 2.* Note de MM. **D. Yovanovitch** et **J. d'Espine**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons repris l'étude du spectre de rayons β du mésothorium 2, déjà entreprise par Hahn, von Baeyer et Mlle Meitner (¹). Le spectre obtenu par ces auteurs se compose d'une série de raies bien séparées et d'une bande continue mal délimitée. Avec des sources un peu moins intenses et un appareil à déviation magnétique ayant sensiblement le même pouvoir dispersif, mais en employant des sources plus linéaires et un faisceau de rayons mieux délimité, nous avons obtenu un spectre montrant, en plus de toutes les raies déjà signalées, de nouvelles raies et une bande continue nettement délimitée qui comporte elle-même plusieurs raies et maxima. On voit encore dans ce spectre des raies faibles qui correspondraient à des rayons β dont la vitesse serait très proche de celle de la lumière. Ce spectre, par sa complexité, présente une grande analogie avec celui des rayons β du radium.

Préparation de la source. — Le mésothorium 2 employé est préparé par le procédé déjà décrit en détail par l'un de nous (²) et que nous rappelons brièvement :

Une solution aqueuse concentrée à chaud des chlorures de mésothorium, baryum et radium, est précipitée par HCl concentré. Les chlorures de baryum, radium, mésothorium 1 et thorium X précipitent, le mésothorium 2, le radiothorium et le dépôt actif (avec des traces de baryum, de radium et de mésothorium 1) restent en solution acide. En renouvelant plusieurs fois cette opération à deux jours d'intervalle (pour empêcher le radiothorium de s'accumuler), on obtient finalement une solution de mésothorium 2 presque pur. On ajoute ensuite une trace de terre rare ou d'aluminium, on évapore l'acide en excès et l'on précipite par NH^3. Le mésothorium 2 ainsi recueilli est encore purifié par les procédés chimiques habituels pour éliminer complètement le radiothorium et le dépôt actif. Finalement le filtre contenant la matière active est incinéré. On prépare une source radioactive linéaire en introduisant le faible résidu de cendres dans une gouttière d'aluminium très étroite (largeur environ $0^{mm},1$).

Dispositif expérimental — L'appareil à déviation magnétique employé est semblable à celui des auteurs allemands. Un faisceau étroit de rayons β, déterminé par la source linéaire et une fente mince parallèle, tombe sur une plaque photographique placée à quelques centimètres au-dessus. Sauf le diaphragme qui est en plomb, tout l'appareil est construit en aluminium pour diminuer l'effet des rayons secondaires.

(¹) *Phys. Zeitschr.*, t. **13**, 1912, p. 264.
(²) *Comptes rendus*, t. **175**, 1922, p. 307.

L'appareil est placé entre les pièces polaires d'un électro-aimant Weiss, les lignes de force étant parallèles à la source. Les poses sont de 7 à 8 heures environ pour une intensité initiale de la source équivalant sensiblement en rayons γ à 2^{mg} de radium en équilibre radioactif. On maintient dans l'appareil un vide de l'ordre du $\frac{1}{1000}$ de millimètre. Les deux valeurs employées pour le champ magnétique sont 116 et 284 gauss.

Résultats. — Les résultats sont réunis dans le tableau ci-dessous :

TABLEAU I.

	Vitesse des rayons β rapportée à celle de la lumière : $\beta = \frac{v}{c}$.	Intensité.	Énergie en volts.	Vitesse des rayons β trouvée par Hahn, Baeger, Meitner : $\beta = \frac{v}{c}$.	
	Entre 0,998 et 0,995 — une ou plusieurs raies probables entre ces limites	très faible	7500000 — 2400000		
Fond continu très intense	0,968	assez intense	1520000		
Fond continu très intense	0,931	intense	885000	entre 0,95 et 0,70	bande continue de rayons β sans délimitation nette
Fond continu très intense	0,807	très intense	353000		
Fond continu très intense	0,765 raie probable	»	281000		
Fond continu très intense	0,706 raie probable	»	210000		
Fond continu très intense	0,657	assez faible	166000	0,66	
	0,618	très faible	139000		
	0,596	faible	125000	0,60	
	0,571	très intense	111000	0,57	
	0,504	intense	80000	0,50	
	0,437	très faible	56900		
	0,427	intense	54200	0,43	
	0,383	intense	42100	0,39	
	0,368	intense	38400	0,37	

Remarque. — Le troisième chiffre significatif des valeurs indiquées est incertain en raison du manque de précision des mesures du champ magnétique.

Conclusion. — Il est difficile d'établir une correspondance entre les raies observées, les niveaux électroniques des éléments à envisager ($N = 89$ et 90) et les groupes résumés des rayons γ excitateurs. La précision obtenue ne permet pas de décider entre diverses interprétations. Le Tableau II n'est donc donné qu'à titre d'indication. L'emploi de sources plus intenses et d'appareils plus dispersifs nous permettra sans doute d'améliorer la précision et d'étudier sur différents radiateurs l'effet photo-électrique des rayons γ. Nous pourrons ainsi reconnaître plus exactement les groupes de rayons γ émis par le mésothorium 2. Nous espérons aussi confirmer l'existence des rayons β extrêmement rapides signalés dans le Tableau I.

TABLEAU II.

Vitesse des rayons β.	Énergie en volts observée.	Niveau d'origine.	Énergie du niveau pour N = 90.	Énergie du groupe excitateur γ présumé, en volts.
0,437	56900	N_2	1200	58100
0,427	54200	M_3	4000	58200
0,383	42100	L_3	16300	58400
0,368	38400	L_2	19700	58100

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cémentation du cuivre par les sels métalliques.* Note de M. **Thadée Peczalski**, présentée par M. H. Le Chatelier.

J'ai observé que le cuivre entouré d'un sel métallique et chauffé à une température inférieure aux points de fusion du cuivre et du sel absorbe ce dernier, formant un alliage cuivre-sel.

Ce phénomène est analogue au phénomène de cémentation du fer par le carbone. Dans le suite j'appellerai « cuivre cémenté » le cuivre qui a absorbé le sel.

L'expérience de cémentation du cuivre a été faite avec des baguettes de cuivre mises dans un tube de fer contenant le sel pulvérisé dont on veut étudier la pénétration. Ce tube est placé ensuite dans un four électrique.

A partir de la température de 600°C. la pénétration du sel dans le cuivre est observable ; à mesure que la température s'élève, la pénétration du sel s'accélère. La limite de température à laquelle je me suis arrêté est de 850°C., car aux températures supérieures l'oxydation du cuivre est assez rapide et l'on se trouve en présence d'un autre sel qui gêne l'expérience.

J'ai observé la cémentation du cuivre avec des sels de potassium, sodium, baryum, calcium, magnésium, fer, aluminium, en prenant comme sels les chlorures et les oxydes de ces métaux.

La profondeur de la pénétration du sel dans le cuivre est souvent visible quand on casse la baguette cémentée.

Les propriétés mécaniques du cuivre cémenté diffèrent suffisamment du cuivre non cémenté, ce qui fait que la cassure des couches extérieures de la baguette se produit en même temps que la séparation de ces couches d'avec le métal non cémenté. La surface de la baguette cassée apparaît comme si dans un tube de cuivre cémenté se trouvait le cuivre pur qui généralement est moins cassant.

Les propriétés physiques des cuivres cémentés sont généralement bien différentes de celles du cuivre pur. En particulier, la dureté des cuivres cémentés avec les sels alcalins est inférieure à celle du cuivre pur, tandis que le cuivre cémenté avec d'autres sels est plus dur que le cuivre pur.

Si l'on emploie des baguettes de cuivre ainsi cémenté avec des sels alcalins comme électrodes d'un arc électrique, celui-ci est bien plus conducteur que l'arc obtenu avec des électrodes de cuivre pur. On observe aussi une oxydation plus lente des électrodes de cuivre cémenté. Ces propriétés rendent possible la soudure à l'arc électrique des métaux (aciers) avec les électrodes de cuivre cémenté.

En observant l'extrémité de l'électrode de cuivre cémenté en contact avec la flamme de l'arc on observe des bulles de vapeur qui s'échappent de la surface du métal fondu. Cet effet explique : 1° la bonne conductibilité de l'arc parce qu'il passe à travers les vapeurs des sels alcalins ; 2° l'oxydation lente des électrodes qui, entourés des vapeurs des sels, n'ont pas de contact avec l'air.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La théorie électronique et les chaleurs de formation des sels*. Note de M. **René Audubert**, présentée par M. Jean Perrin.

En cherchant à exprimer par une formule générale les chaleurs de formation des sels, j'ai constaté que les données expérimentales vérifient à 5 pour 100 près la relation suivante semblable à celle de Balmer pour les raies spectrales de l'hydrogène :

$$Q = A\left(\frac{l}{m^2} - \frac{a}{n^2}\right),$$

où A est une constante générale, *a* et *b* deux paramètres fonction de la valence des éléments constitutifs, *m* et *n* des nombres entiers caractéristiques de ces derniers.

J'ai été conduit à ce résultat par des considérations qu'il me paraît utile d'exposer malgré la part d'hypothèse qu'elles contiennent.

La dissolution d'un métal dans la solution d'un autre métal avec précipitation de celui-ci suivant le schéma : $M_1 + M_2^+\overline{R} \rightarrow M_2 + M_1^+\overline{R}$ peut être regardée comme une transformation électronique : un électron périphérique arraché de M_1 avec absorption d'énergie prend place sur M_2 avec libération d'énergie, la différence des deux niveaux étant égale à la chaleur de la réaction.

J'ai montré (¹) que la force électromotrice V d'une électrode au contact d'un de ses sels vérifiait la relation $erV = w + jq$, où e représente la charge de l'électron, r la valence du métal, w l'énergie d'arrachement, calculée à partir de la chaleur de vaporisation, j l'équivalent mécanique de la calorie et q la chaleur d'ionisation thermochimique. Cette équation est analogue à celle obtenue par Haber (²) en appliquant au réseau ions-électrons d'un métal monovalent les résultats de Born pour les cristaux du type NaCl : $D = U - I$, où D est la chaleur de vaporisation du métal, U l'énergie du réseau et I le travail d'ionisation. Aussi est-il logique d'admettre que l'énergie nécessaire à la formation d'un ion électrolytique peut être tirée des données thermochimiques.

Dans ces conditions du point de vue électronique, la formation d'un cation est endothermique et celle d'un anion exothermique, les chaleurs d'ionisation des premiers devraient être négatives et celles des seconds positives; les nombres contenus dans les tables n'obéissent pas à cette règle; calculés, à partir d'un zéro arbitraire, au moyen de la loi d'addivité thermochimique ils indiquent simplement la tendance plus ou moins grande de l'élément à passer à l'état d'ion.

On peut les modifier de manière à obtenir des nombres négatifs pour les cations et positifs pour les anions; il suffit évidemment pour cela d'ajouter aux chaleurs d'ionisation des cations un nombre négatif supérieur à la plus grande des valeurs positives et à celles des anions un nombre positif supérieur à la plus grande des valeurs négatives. On peut prendre comme point de départ l'argent dont les électrodes se dissolvent sans phénomènes électrochimiques secondaires; pour calculer l'énergie d'ionisation de cet élément, il faut supposer que celle-ci correspond à un des niveaux de l'atome isolé, hypothèse dont on verra la justification plus loin. Dans ces conditions, comme ce métal est constitué par un réseau de cubes à faces centrées avec, très probablement, aux sommets, des ions et des électrons, la longueur de la maille permet de prévoir la distance de l'électron de valence au noyau et, par la théorie de Bohr, le travail d'ionisation : on trouve ainsi 88,3 kg-cal par équivalent; les tables indiquent — 25,3; il faut donc ajouter à tous les termes de la série des cations — (88,3 — 25,3), soit — 63 kg-cal. On obtient de cette manière pour les cations des chaleurs d'ionisation toutes négatives croissant avec l'électronégativité du métal.

Tous ces nombres vérifient à 4 ou 5 pour 100 près la relation $q = A \frac{a}{n^2}$

(¹) R. Audubert, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 676.

(²) Haber, *Sitzungsber. d. Preuss. Akad. d. Wiss.*, t. 30, 1919, p. 506.

où A est une constante universelle, a un paramètre fonction de la valence, et n un nombre entier caractéristique de l'élément. La valeur numérique de A est égale à $\frac{2\pi^2 me^4 N}{jh^2}$, N étant la constante d'Avogadro, m, e h, j ayant leur signification habituelle; la valeur numérique de a est égale à $r(\mathcal{N} - k - s)^2$ où r représente le nombre des charges enlevées, $\mathcal{N}$ le numéro atomatique, k le nombre des électrons situés sous la couche externe et s un terme correctif relatif aux répulsions exercées par les électrons de la couche périphérique et calculé dans chaque cas par Bohr.

En ce qui concerne les anions, pour avoir une chaîne positive, il suffit d'ajouter à chaque terme un nombre positif assez grand, il est commode de prendre 63 kg-cal dans ces conditions en effet, la chaleur de formation d'un sel est toujours représentée par la différence de deux nombres correspondant aux chaleurs d'ionisation de l'anion et du cation. Il est intéressant d'observer que l'on obtient ainsi pour les éléments halogènes des nombres très voisins de ceux calculés par Born à partir de considérations toutes différentes (¹). Enfin comme pour les cations les nombres de la nouvelle série vérifient la relation $q = A\frac{b}{m^2}$.

En conséquence, la chaleur de formation d'un sel peut se mettre sous la forme suivante qui rappelle le mécanisme électronique de la réaction et à laquelle satisfont les données expérimentales :

$$Q = \frac{2\pi^2 me^4 N}{h^2 j}\left[\frac{r(\mathcal{N} - k - s)^2}{m^2} - \frac{r'(\mathcal{N}' - k' - s')^2}{n^2}\right].$$

On peut essayer d'interpréter ce résultat en admettant que les énergies correspondant à la formation des cations et des anions appartiennent à la série des niveaux possibles de l'atome isolé.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Oxydation de l'acide acétique par différents chromates métalliques comparée à l'oxydation par le bichromate d'argent dans la méthode argentosulfochromique de détermination du carbone.* Note de M. **L.-J. Simon.**

Dans la technique que j'ai proposée pour la détermination du carbone, technique fondée sur la mesure du volume gazeux dégagé par l'action du mélange d'acide sulfurique *concentré* et du bichromate d'argent, celui-ci

(¹) On voit ainsi que sans introduire d'hypothèse préalable on aurait pu partir des données de Born.

peut-il être remplacé par un autre chromate ou son rôle est-il en quelque sorte spécifique? La présente Note renferme les résultats expérimentaux des essais comparatifs qui ont été entrepris pour répondre à cette question.

Comme substance organique de comparaison on a choisi l'acide acétique; celui-ci résiste à l'oxydation par le mélange d'acide sulfurique et d'anhydride chromique; et corrélativement on peut admettre que c'est l'acide acétique ou un corps voisin de celui-ci qui reste inaltéré après oxydation d'une substance organique par l'acide sulfurique concentré et l'anhydride chromique lorsque cette oxydation est incomplète dans les conditions de notre technique. En le choisissant comme étalon de mesure du pouvoir oxydant les expériences en prennent une portée très générale.

On a donc soumis, dans l'appareil souvent décrit, un poids à peu près constant — environ $0^g,2$ — d'acide acétique pur à l'action d'un mélange d'acide sulfurique *concentré* et d'un chromate métallique sec. Les chromates employés ont été préparés, chacun par la méthode qui lui convient pour l'obtenir le plus riche possible en CrO^3 et comme ils sont loin d'être bien définis et comparables entre eux, on les a analysés et l'on a utilisé de chacun le poids qui correspond à une teneur constante en CrO^3, celle que renferment 4^g de bichromate d'argent, le seul qui soit parfaitement défini. Cette quantité est à peu près deux fois celle qui est nécessaire pour brûler complètement la quantité d'acide acétique employée.

Comme il a été dit à plusieurs reprises, la technique comporte une chauffe d'une durée déterminée, à la température du bain-marie bouillant. Dans les essais actuels on a atteint en 30 minutes cette température et elle a été maintenue pendant 30 minutes également. Dans ces conditions le dégagement gazeux qu'il s'agit de mesurer est suffisant pour la lecture et en outre le volume gazeux dégagé se prête à une mesure gravimétrique du gaz carbonique qu'il renferme. En outre de cette mesure, l'appareil était disposé pour permettre de déterminer par réduction de l'anhydride iodique colorimétriquement la teneur en oxyde de carbone du mélange produit.

Pour chaque chromate, sauf deux, une mesure a été faite volumétriquement et une autre volumétriquement et gravimétriquement: elles sont consignées dans deux colonnes successives du tableau suivant qui renferme les résultats obtenus; la valeur de C pour 100, calculée pour l'acide acétique, étant de 40.

Nature du chromate.	Proportion pour 100 du chrom.	du métal.	Poids de chrom. employé.	C pour 100. volum.		grav.	du CO.	total.
Argent	23,9	50,2	4	»	39,9	39,26	0,5	39,76
Cobalt	24,85	28,9	4	13,6	14,15	11,6	0,27	11,87
Nickel	24,2	25,8	4	11,06	11,1	7,7	0,29	7,99
Mercure	6,41	77,6	15	9,2	9,1	6,92	0,22	7,14
Cuivre	21,1	31,8	4,5	7,42	7,40	5,7	0,17	5,87
Fer	9,85	34,8	9	»	7,25	5,8	0,16	5,96
Zinc	21,1	30,2	4,5	6,8	6,5	4,14	0,24	4,36
Magnésium	16,4	11,5	6	»	5,06	4,7	0,22	4,92

Ces résultats mettent en évidence l'efficacité particulière du bichromate d'argent : en 30 minutes tout le carbone est gazéifié et il en serait de même en 24 minutes, alors que, pour le chromate de cobalt qui le suit dans le classement, le tiers du carbone n'est pas brûlé. Ce classement est d'ailleurs tout à fait analogue à celui qui résulte de la combustion par le mélange sulfochromique des acétates métalliques (¹) correspondants, classement qui m'a fait choisir au début de ces recherches le bichromate d'argent comme agent d'oxydation.

Le chromate mercurique ne vient qu'en quatrième dans ce classement ; il serait encore moins bien placé si l'on convenait de comparer les chromates en tenant compte de la quantité de métal qu'ils renferment. *Le chromate mercurique ne peut donc jouer dans cette technique le rôle dévolu au bichromate d'argent.* Il n'y a donc aucune confusion à faire entre la technique d'oxydation argentosulfochromique que j'ai proposée et dont je poursuis l'étude et le perfectionnement intéressant apporté par M. D. Florentin (²) à la méthode habituelle d'oxydation sulfochromique par l'addition du sulfate mercurique.

Il y a lieu également de remarquer que la proportion d'oxyde de carbone est supérieure dans le cas des chromates à celle que l'on observe avec le bichromate d'argent. Enfin, si l'on totalise le carbone provenant de CO^2 et de CO et si on le compare au volume gazeux total, on observe dans le cas des chromates un déficit notable; il n'est pas interdit de supposer que ce déficit correspond à un gaz carboné autre que CO et CO^2, mais il est plus probable qu'il est dû à la présence d'oxygène. Pour le cas du bichromate

(¹) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1706.
(²) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 35, 1924, p. 228.

d'argent dans les conditions d'emploi précisées — 4^g et 30 minutes de chauffe — ce dégagement est négligeable.

Quelques essais ont été tentés pour augmenter la puissance d'oxydation de l'anhydride chromique par addition d'autres substances, vanadate d'ammonium, molybdate et tungstate de sodium. Ces substances ne sont pas sans effet, mais elles ne peuvent rivaliser avec le bichromate d'argent.

En résumé, le bichromate d'argent ne peut être remplacé par aucun des autres chromates examinés dans la technique d'oxydation que j'ai proposée, technique qu'il convient de distinguer par ses conditions précises d'emploi de la méthode habituelle d'oxydation sulfochromique, modifiée ou non par addition d'un sel métallique. Il serait fâcheux de laisser s'établir à cet égard une confusion certainement involontaire.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la réaction des bisulfites alcalins et du chlorure mercurique.* Note [1] de M. **André Graire**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On sait que, dans l'action du bichlorure de mercure sur une solution de bisulfite, on met en liberté une quantité déterminée d'acide chlorhydrique. On a parfois proposé d'appliquer cette propriété à l'analyse des gaz de grillage des pyrites, des blendes et du soufre.

A cet effet on aspire un volume connu des gaz à travers une liqueur absorbante de soude titrée, en présence de méthylorange comme indicateur. Après neutralisation, on ajoute un excès de chlorure mercurique à la solution contenant les acides du soufre à l'état de sulfate et de bisulfite alcalins, puis on titre acidimétriquement l'acide chlorhydrique mis en liberté. Le premier titrage correspond aux acides sulfureux et sulfurique; le second titrage fournit le gaz sulfureux seul.

Sander admet la formation d'une combinaison complexe soluble dans l'eau, suivant la réaction



$$(A) \qquad SO^3NaH + HgCl^2 = HCl + HgCl.SO^3Na.$$

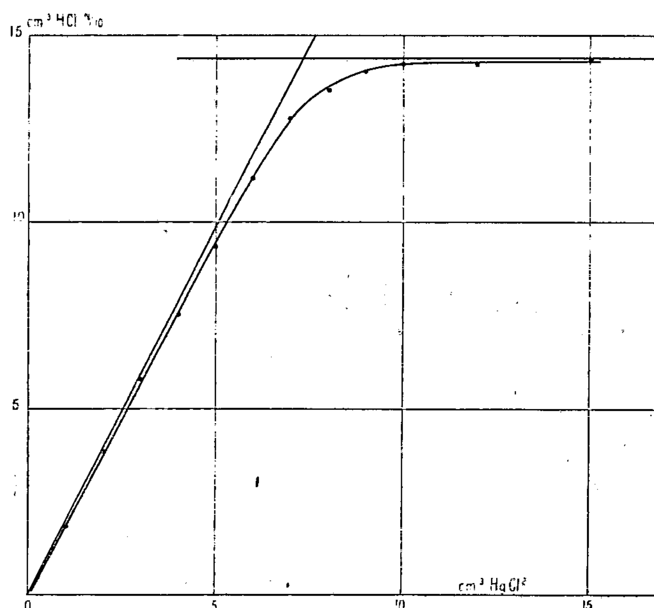
En fait la réaction formulée par Sander n'a pas été établie quantitativement, et l'hypothèse d'une réduction due au bisulfite est infirmée par l'existence, en fin de réaction, des sels mercuriques. Par contre, une étude pra-

[1] Séance du 5 mai 1924.

tiquée sur les mélanges de solutions étendues de bisulfite et de sublimé conduit aux remarques suivantes :

1° Lorsqu'on ajoute à un même volume de bisulfite alcalin de petites quantités de bichlorure de mercure, il y a sensiblement proportionnalité entre le bichlorure mis en œuvre et l'acide chlorhydrique libéré.

2° Pour un excès de bichlorure, l'acide chlorhydrique libéré reste constant, le bisulfite étant totalement transformé.



3° Le virage du méthylorange est net aux faibles teneurs en bichlorure ou pour un gros excès de ce corps. Il est par contre très difficile à reconnaître lorsque les proportions de bisulfite et de bichlorure sont telles qu'aucun de ces deux corps ne soit notablement en excès par rapport à l'autre.

Les résultats quantitatifs suivants ont été obtenus par mélange d'une liqueur titrée décimoléculaire ($27^g,16$ par litre) de $HgCl^2$, avec une solution étendue de bisulfite de soude ($29^g,74$ de SO^3NaH par litre) neutre au méthylorange. On a dosé le nombre de centimètres cubes d'acide chlorhydrique $\frac{N}{10}$ mis en liberté dans 5^{cm^3} de solution de bisulfite, par addition de volumes croissants de liqueur mercurique :

Centimètres cubes.

$HgCl^2$....	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$HCl\frac{N}{10}$....	1,9	3,9	5,8	7,6	9,4	11,2	12,8	13,6	14,2	14,3
$HgCl^2$.....	12	15	Excès							
$HCl\frac{N}{10}$....	14,3	14,4	14,4							

Les proportions relatives de bichlorure et d'acide chlorhydrique dans la réaction sont, en vertu des remarques faites plus haut, exactement déterminées pour les faibles volumes de bichlorure et sont par suite représentées par les points de la tangente à l'origine de la courbe de variation. Par contre, la quantité maxima d'acide chlorhydrique libérée par la transformation complète du bisulfite, est représentée par l'asymptote 14,4. Les coordonnées du point de rencontre de ces deux droites figurent donc les proportions des éléments intervenant dans la réaction cherchée. Ce sont :

	Molécules pour 1000.
5^{cm^3} de bisulfite de soude, soit...........................	1,43
7,3 de chlorure mercurique, soit........................	0,73
14,4 d'acide chlorhydrique, soit.........................	1,44

Ainsi, l'action de 2^{mol} de bisulfite sur 1^{mol} de chlorure mercurique mettant en liberté 2^{mol} d'acide chlorhydrique, la réaction doit se formuler :



(B) $$HgCl^2 + 2SO^3NaH = 2HCl + (SO^3)^2HgNa^2.$$

Ajoutons que la réaction doit être effectuée à froid, le sulfite mercurico-sodique étant décomposé à chaud, même en solution neutre, avec précipitation de mercure et dégagement de gaz sulfureux :



(C) $$(SO^3)^2HgNa^2 = SO^4Na^2 + Hg + SO^2.$$

On a proposé, comme nous l'avons indiqué plus haut, d'utiliser la réaction (B) au dosage des acides sulfureux et sulfurique dans les gaz de grillage. Mais, par suite de l'oxydation partielle, dans la solution sodique, du sulfite formé, on trouve, par cette méthode, des valeurs trop faibles pour SO^2, l'erreur relative pouvant atteindre jusqu'à 10 pour 100. Il ne nous semble donc pas que l'emploi du bichlorure puisse être pratiquement substitué au dosage par l'iode de Pelouze-Reich.

Par contre, la réaction (B) nous paraît susceptible des deux applications suivantes :

1°. *Titrage des solutions de sulfite et de bisulfite*, avec ou sans excès de SO^2. — La totalité de l'acide sulfureux est déterminée par l'iodométrie, et le bisulfite par la méthode au bichlorure, en utilisant comme indicateur le méthylorange ou l'alizarine. Il convient d'opérer à froid et en présence d'un grand excès de bichlorure.

2°. *Dosage volumétrique des sels de mercure.* — A cet effet la liqueur à analyser, contenant tous les sels mercuriques à l'état de chlorure, est exactement neutralisée au méthylorange. On y ajoute alors un grand excès d'une solution de bisulfite de soude neutre au méthylorange, qui libère tout l'acide chlorhydrique combiné au mercure. On titre par la soude normale. La présence de chlorures ou de nitrates alcalins ne gêne pas, et la méthode est aussi précise que les analyses acidimétriques courantes.

CHIMIE. — *Action de l'anhydride permanganique sur les variétés pures du carbone.* Note [1] de M. **J.-F. Durand**, transmise par M. P. Sabatier.

On sait depuis longtemps que l'acide sulfurique concentré donne, avec le permanganate de potassium solide, une solution verte accompagnée de gouttes huileuses d'un liquide à vapeurs violettes. Unverdorben [2] a pu analyser ce corps huileux, soluble en vert dans l'acide sulfurique, et lui attribue la formule Mn^2O^7, qui en fait l'*anhydride permanganique*. Quoi qu'il en soit de la composition du produit, le même auteur, ainsi que Terreil [3] et d'autres chimistes, a reconnu en lui un oxydant violent, qui réagit avec explosion sur l'hydrogène, le soufre, le phosphore, l'alcool, le papier, etc.

Des réactions aussi énergiques semblaient devoir se prêter difficilement à une oxydation régulière des substances organiques.

Dans une Communication préliminaire [4] j'ai montré cependant que l'on y parvient, *sans changer la nature de l'oxydation*, en dissolvant ou en mettant en suspension la substance à oxyder dans un liquide inerte vis-à-vis de l'anhydride permanganique : l'acide sulfurique ou, quand cela ne se

---

(1) Séance du 19 mai 1924.
(2) Unverdorben, *Ann. Ph. Chem. Pogg.*, t. 7, 1826, p. 322; t. 32, 1834, p. 80.
(3) Terreil, *Répertoire de Chimie appliquée*, t. 2, 1862, p. 40.
(4) J.-F. Durand, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1193.

peut, dans le nitrométhane [1]. Un très grand nombre de corps, en effet, ont ainsi tout leur carbone transformé en gaz carbonique, ce qui constitue le principe du *dosage volumétrique* du carbone que j'ai proposé. Ce dosage s'effectue à froid, avec un appareil des plus simples; il n'exige qu'une faible masse (*au plus* 5^{cg}) de la substance, y compris l'unique pesée qu'il nécessite; il ne dure au plus qu'une demi-heure.

Il m'a paru intéressant de rechercher si les variétés pures du carbone sont oxydées, à froid, par la solution sulfurique d'anhydride permanganique, en anhydride carbonique.

Les essais ont porté sur le *noir d'acétylène*, le *diamant* et le *graphite* purifié de Madagascar. Les deux premiers corps représentent du carbone à peu près pur; le graphite renfermait (dosage par la méthode de Dumas) 99,5 pour 100 de carbone.

1° Le *noir d'acétylène*, déposé sur un fragment de verre, a été noyé dans quelques centimètres cubes d'acide sulfurique concentré. En ajoutant à ce liquide la solution verte d'anhydride permanganique dans l'acide sulfurique concentré, il s'est fait une réaction très vive avec production de lumière et de quelques flocons de bioxyde de manganèse.

Les deux expériences effectuées ont donné :

	CO^2		C pour 100.	
Prise d'essai.	calculé.	observé (corr.)	Théorie.	Trouvé.
g	cm³	cm³		
0,0060	11,2	11,3	100,0	100,9
0,0085	15,9	15,9	100,0	100,0
			Moyenne...	100,45

2° Le *diamant* ($0^{g},0060$) réduit en poudre très fine, en évitant l'introduction de toute matière organique, a été traité de même. Le dégagement de CO^2, très rapide au début, s'est ralenti peu à peu, lorsque les grains les plus petits ont été attaqués. Au bout de 4 minutes, il s'était dégagé environ les $\frac{2}{3}$ du CO^2 théorique; je me suis assuré que le gaz dégagé était bien du CO^2.

Il n'est pas douteux que l'*égrisée* suffisamment fine serait brûlée quantitativement en un temps très court.

3° Le *graphite* ($0^{g},0060$) s'est comporté à peu près de même. Toutefois,

---

(1) Dans ma Note citée des *Comptes rendus*, une confusion m'a fait indiquer le *tétrachlorure de carbone* comme le solvant inerte dans lequel j'ai opéré, alors qu'il s'agissait en réalité du *nitrométhane*.

l'oxydation s'est poursuivie assez rapidement pour être totale au bout de 10 minutes.

En résumé, l'anhydride permanganique, en solution sulfurique, oxyde à froid et rapidement, bien qu'avec une énergie inégale, les trois variétés pures du carbone en les transformant entièrement en anhydride carbonique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Acides nitro et amino-oxybenzoïques iodés.* Note de MM. **P. Brenans** et **C. Prost**, présentée par M. Haller.

Dans l'action de l'iode et de l'oxyde de mercure sur les acides nitrosalicyliques 1.2.5 et 1.2.3 et sur l'acide paraoxybenzoïque nitré 1.4.3 en solution dans l'alcool, nous avons obtenu des acides nitro-oxybenzoïques iodés dont on a établi la constitution; ces dérivés nitrés iodés ont été transformés par réduction en acides amino-oxybenzoïques iodés. Weselsky (¹) avait étudié cette réaction sur des acides oxybenzoïques nitrés dont il ne connaissait pas la constitution.

Acide nitrosalicylique iodé $C^6H^2\underset{3}{I}\underset{5}{(NO^2)}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$. — On introduit peu à peu et alternativement 12g,7 d'iode et 5g,40 d'oxyde jaune de mercure à une dissolution de 9g,15 d'acide nitrosalicylique 1.2.5 dans 70g d'alcool à 90 centièmes. La réaction a lieu avec un dégagement de chaleur appréciable. On distille la solution séparée de la plus grande partie du biiodure de mercure et l'on étend d'eau le résidu. Le précipité obtenu, lavé avec une solution d'iodure de potassium qui enlève le reste du sel mercurique, est un mélange d'un peu de nitrophénol diiodé et de l'acide nitroiodosalicylique. Pour isoler ces composés on fait les sels de baryum ou les sels de soude qu'on sépare par cristallisations fractionnées.

Le paranitrophénol diiodé isolé $C^6H^2\underset{2.6}{I^2}\underset{4}{(NO^2)}\underset{1}{(OH)}$ est en aiguilles, fusibles à 155°. L'acide nitrosalicylique iodé libéré des sels cristallise dans l'alcool faible en aiguilles fines, presque blanches, fusibles à 228° en se décomposant; il est très soluble dans l'alcool, l'éther, l'éther acétique, peu soluble dans le chloroforme et le benzène.

$C^6H^2\underset{3}{I}\underset{5}{(NH^2HCl)}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$. — On ajoute une solution alcoolique de 6g,20 de l'acide nitré iodé à une dissolution de 15g de protochlorure d'étain dans 15cm³ d'acide chlorhydrique; la réaction a lieu avec dégagement de chaleur. On distille l'alcool, on reprend le résidu par l'eau et l'on précipite l'étain de la solution par l'hydrogène sulfuré. La liqueur séparée du sulfure d'étain et distillée dans le vide abandonne le chlorhydrate en aiguilles blanches, peu solubles dans l'eau, plus solubles dans l'alcool.

L'acide aminoiodosalicylique s'obtient en ajoutant de l'acétate de soude à la solution

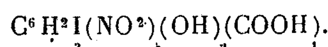
---

(¹) Weselsky, *Ann.*, t. 174, 1874, p. 108.

aqueuse chaude du chlorhydrate. On cristallise cette base dans l'alcool faible additionné de noir. Lamelles argentées, se décomposant nettement à 215°.

Acide salicylique iodé 1.2.3. — On additionne une solution de $1^g,58$ du chlorhydrate d'acide aminosalicylique iodé $C^6H^2\underset{3}{I}(\underset{5}{NH^2HCl})(\underset{2}{OH})(\underset{1}{COOH})$ dans 25^{cm^3} d'alcool absolu de 15 gouttes de nitrite d'amyle; le diazoïque jaune précipite. Après 12 heures de repos, on porte lentement le mélange à l'ébullition; on distille la solution rouge obtenue, on étend d'eau le résidu. On dissout le précipité brun séparé dans l'alcool faible, et l'on maintient à l'ébullition la dissolution additionnée de noir. La liqueur filtrée et concentrée fournit des aiguilles un peu colorées, fusibles à 199°, d'acide saticylique iodé 1.2.3.

La formation de ce dérivé à partir de l'amine iodée indique bien que cette base est l'isomère $C^6H^2\underset{3}{I}(\underset{5}{NH^2})(\underset{2}{OH})(\underset{1}{COOH})$, et l'acide nitré iodé le composé



$$C^6H^2\underset{3}{I}(\underset{5}{NO^2})(\underset{2}{OH})(\underset{1}{COOH}).$$

Acide nitrosalicylique iodé. — $C^6H^2\underset{5}{I}(\underset{3}{NO^2})(\underset{2}{OH})(\underset{1}{COOH})$. — On l'obtient avec un peu d'orthonitrodiiodophénol $C^6H^2\underset{4.6}{I^2}(\underset{2}{NO^2})(\underset{1}{ON})$ en faisant réagir l'iode et l'oxyde de mercure sur une solution alcoolique d'acide nitrosalicylique 1.2.3, comme nous l'avons indiqué pour l'isomère 1.2.5. On sépare ces deux dérivés au moyen de leurs sels de soude.

L'orthonitrophénol diiodé libéré de son sel cristallise dans l'alcool en aiguilles jaunes, fusibles à 98°, assez solubles dans le benzène.

L'acide nitrosalicylique iodé précipité de son sel de soude cristallise dans l'alcool en aiguilles jaune pâle, fusibles à 105°, peu solubles dans le benzène.

Son éther éthylique $C^6H^2\underset{5}{I}(\underset{3}{NO^2})(\underset{2}{OH})(\underset{1}{COOC^2H^5})$ constitue des paillettes jaune pâle, fusibles à 129°, assez solubles dans l'alcool chaud, peu dans le benzène.

Acide iodoaminosalicylique $C^6H^2\underset{5}{I}(\underset{3}{NH^2})(\underset{2}{OH})(\underset{1}{COOH})$. — Son chlorhydrate a été obtenu en opérant la réduction de l'acide nitré iodé 1.2.3.5 au moyen du protochlorure d'étain en solution chlorhydrique. Ce sel est en aiguilles blanches, brillantes, s'altérant à 190°-200° sans fondre, peu solubles dans l'eau, plus solubles dans l'alcool fort.

La base iodée est en aiguilles fines, grisâtres, se décomposant à 198°.

Acide salicylique iodé $C^6H^3\underset{5}{I}(\underset{2}{OH})(\underset{1}{COOH})$. — Il a été obtenu en décomposant le chlorure diazoïque jaune de l'acide iodoaminosalicylique précédent en présence d'alcool absolu; la formation de cet acide salicylique iodé entraîne la constitution de l'acide aminé iodé et celle de l'acide nitroiodosalicylique qui est l'isomère $C^6H^2\underset{5}{I}(\underset{3}{NO^2})(\underset{2}{OH})(\underset{1}{COOH})$.

Acide nitroparaoxybenzoïque iodé $C^6H^2\underset{5}{I}(\underset{3}{NO^2})(\underset{4}{OH})(\underset{1}{COOH})$. — Il a été obtenu comme les isomères précédents dans l'action de l'iode et de l'oxyde de mercure sur une solution alcoolique d'acide paraoxybenzoïque nitré $C^6H^3(\underset{3}{NO^2})(\underset{4}{OH})(\underset{1}{COOH})$.

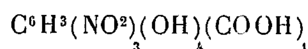
La réaction fournit aussi l'orthonitrophénol diiodé $C^6H^2I^2_{4.6}(NO^2)_2(OH)_1$ dont le sel de soude peu soluble permet la séparation de l'acide nitré iodé qui est très soluble dans la soude. L'acide nitroparaoxybenzoïque iodé cristallisé dans l'alcool en aiguilles fines, jaune citron, fusibles vers 240° en se décomposant, solubles dans l'éther acétique, l'éther, peu dans l'éther de pétrole, le chloroforme, le benzène.

Éther éthylique $C^6H^2I_5(NO^2)_3(OH)_4(COOC^2H^5)_1$. — Aiguilles jaunes, laineuses, brillantes, fusibles à 105°, solubles dans l'alcool, le chloroforme, le benzène.

$C^6H^2I_5(NH^2)_3(OH)_4(COOH)_1$. — La réduction de l'acide nitré iodé a été effectuée comme nous l'avons indiqué pour les isomères nitrés iodés décrits plus haut. Le chlorhydrate est en aiguilles blanches, peu solubles dans l'eau.

La base constitue des aiguilles, fines, légèrement colorées, se décomposant à 155°.

La formation de l'orthonitrophénol diiodé $C^6H^2I^2_{4.6}(NO^2)_2(OH)_1$ dans l'action de l'iode en présence d'oxyde de mercure sur l'acide nitroparaoxybenzoïque



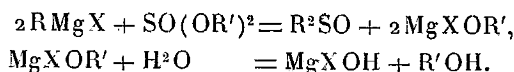
$$C^6H^3(NO^2)_3(OH)_4(COOH)_1$$

se fait aux dépens de l'acide iodonitroparaoxybenzoïque d'abord formé par substitution de l'iode au carboxyle; la formation de ce nitrophénol diiodé de constitution certaine nous autorise à considérer l'acide paraoxybenzoïque nitré iodé comme l'isomère 1.4.3.5.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau mode de préparation des sulfinones.* Note de M. L. **Bert**, présentée par M. A. Haller.

MM. V. Grignard et L. Zorn ont obtenu des sulfinones en faisant agir le chlorure de thionyle sur les combinaisons organomagnésiennes mixtes [1]. Ils ont montré que la formation de ces composés, exclusive en série aromatique, se compliquait en série grasse, de celle de sulfures organiques et parfois d'hydrocarbures éthyléniques.

Il était à prévoir que les sulfites alcooliques réagiraient sur les magnésiens d'une manière analogue à celle du chlorure de thionyle :



$$2RMgX + SO(OR')^2 = R^2SO + 2MgXOR',$$
$$MgXOR' + H^2O = MgXOH + R'OH.$$

Nous avons vérifié qu'il en était bien ainsi, à la différence près, que nous n'avons pu mettre en évidence, jusqu'ici, les réactions secondaires signalées par les auteurs précédents.

---

[1] V. Grignard et L. Zorn, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 1177.

Nous avons utilisé pour ces recherches le sulfite dibutylique normal. Nous avons préféré ce réactif aux sulfites de méthyle et d'éthyle, parce que l'alcool butylique normal du commerce, pratiquement anhydre, présente sur les alcools méthylique et éthylique absolus l'avantage :

1° D'un prix deux fois moindre environ, qui compense l'inconvénient du poids moléculaire plus élevé;

2° D'une solubilité très faible dans les liqueurs aqueuses qui permet de le récupérer facilement et presque sans perte.

Le sulfite dibutylique normal n'ayant pas encore été signalé, nous donnerons quelques indications sur sa préparation et ses caractéristiques.

On l'obtient aisément, avec un rendement d'environ 65 pour 100, par action à 100° du chlorure de soufre sur l'alcool butylique (1). Il se présente sous la forme d'un liquide incolore, à odeur assez agréable, bouillant à 230° (corr.), en se décomposant très légèrement (faible odeur de gaz sulfureux).

$$Eb_{15} = 111^{\circ}; \quad d^{14} = 1{,}001; \quad n_D^{14} = 1435.$$

Analyse. — S pour 100 : 16,43 (théorie 16,51).

La préparation d'une sulfinone R^2SO au moyen du sulfite dibutylique s'effectue en ajoutant goutte à goutte, 1 mol/gr de ce réactif à la solution ou à la suspension dans l'éther anhydre de 2 mol/gr du magnésien RMgX. La réaction est vive, mais moins qu'avec le chlorure de thionyle. Quand elle est terminée, on traite le magnésien à la façon habituelle et l'on isole la sulfinone formée par distillation fractionnée sous pression réduite, en série grasse, ou par cristallisation fractionnée dans la ligroïne en série aromatique. Nous avons transformé facilement en sulfones les sulfinones ainsi obtenues, en les oxydant, en milieu acétique, par la quantité théorique de permanganate de potassium; l'alcool nous a semblé être le meilleur solvant pour la cristallisation des sulfones.

Nous avons préparé :

1° Avec le bromure de *n*-butylmagnésium, la dibutylsulfinone $(C^4H^9)^2SO$, aiguilles blanches, fusibles à 32°, puis avec elle la dibutylsulfone $(C^4H^9)^2SO^2$, tables fusibles à 43°.

---

(1) Le sulfite de butyle a été obtenu, antérieurement par ce procédé, par M. Ch. Langlade (communication privée).

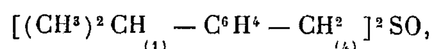
2° Avec le bromure de phénylmagnésium, la diphénylsulfinone $(C^6H^5)^2SO$, beaux cristaux incolores, fusibles à 70°; rendement, 80 pour 100; puis avec elle la diphénylsulfone $(C^6H^5)^2SO^2$, fusible à 128°.

3° Avec le bromure de *p*-isopropylphénylmagnésium (¹), la *pp*-diisopropylphénylsulfinone : $[(CH^3)^2.CH.C^6H^4]^2SO$, inconnue à ce jour, tables incolores, fusibles à 89°.

Analyse. — S pour 100 : 11,16 (théorie 11,20). Rendement : 50 pour 100.

Cette sulfinone fournit par oxydation la sulfone correspondante, cristallisée en feuillets fondant à 109°, ce qui est conforme au point de fusion indiqué pour ce composé dans les Recueils.

4° Au moyen du chlorure de cumylmagnésium (²), la dicumylsulfinone



$$[(CH^3)^2\underset{(1)}{CH} - C^6H^4 - \underset{(4)}{CH^2}]^2SO,$$

non encore préparée jusqu'ici, cristallisée en paillettes blanches, fondant à 100°.

Analyse. — S pour 100 : 10,27 (théorie : 10,20). Rendement : 70 pour 100.

La dicumylsulfone $[(CH^3)^2\underset{(1)}{CH} - C^6H^4 - \underset{(4)}{CH^2}]^2SO^2$, nouvelle également, cristallise en fines aiguilles blanches fusibles à 145°.

Analyse. — S pour 100 : 9,63 (théorie : 9,71).

En résumé, le sulfite dibutylique normal nous semble être, par son emploi économique, par son maniement plus agréable et par son mode d'action plus régulier que celui du chlorure de thionyle, un réactif de choix pour la préparation des sulfinones et par elles des sulfones.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la dispersion rotatoire cristalline.* Note de M. **Louis Longchambon**, présentée par M. Fred. Wallerant.

Lorsqu'une substance active passe de l'état liquide ou dissous à l'état solide, on constate généralement une variation considérable dans la valeur du pouvoir rotatoire, allant parfois jusqu'au changement de signe. Au contraire, la dispersion rotatoire semble rester constante, ainsi que je l'ai montré sur un certain nombre d'exemples choisis au hasard parmi les corps actifs transparents (³). J'ai pu, depuis cette étude, constater la même identité des dispersions sur un grand nombre de composés également transparents, mais j'ai cru plus profitable de faire des observations sur les corps colorés, dont les anomalies de dispersion permettent une comparaison très

(¹) L. Bert, *Comptes rendus*, t. 177, 1922, p. 452.
(²) L. Bert, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 195.
(³) *Bulletin de la Société française de Minéralogie*, t. 45, 1922, p. 161.

sensible. Je donnerai dans cette Note les résultats obtenus avec le rhodotrioxalate de potasse [1].

Ce corps, d'un beau rouge rubis, cristallise dans le système rhomboédrique, avec la symétrie du quartz; M. Jaeger a montré que les solutions aqueuses, ainsi d'ailleurs que celles des complexes du même type, sont remarquables par l'intensité du pouvoir rotatoire et l'anomalie de la dispersion [2].

Le rhodotrioxalate, appelé dextrogyre par M. Jaeger, donne des rotations gauches pour $\lambda > 0^{\mu},597$ et des rotations droites pour les radiations de longueur d'onde plus courte. J'ai repris l'étude de cette dispersion avec le sel dont je disposais, et trouvé des résultats très voisins de ceux indiqués par M. Jaeger : la longueur d'onde d'inversion est bien comprise entre $0^{\mu},590$ et $0^{\mu},600$; de plus, je me suis assuré que cette longueur d'onde ne variait pas avec la concentration, en étudiant des solutions de concentrations très différentes, allant de 40 à 0,003 pour 100.

A l'état cristallisé, ce corps est nettement actif; seules les radiations rouges voisines de $0^{\mu},640$ traversent les cristaux épais de quelques millimètres, et, pour ces radiations, le pouvoir rotatoire est de $-9^{\circ},5$ par millimètre. Le rhodotrioxalate étudié est donc gauche en solution et à l'état cristallisé, à l'égard des radiations pour lesquelles il est totalement transparent : le qualificatif *lévogyre* lui serait plus justement appliqué que celui adopté par M. Jaeger.

En amincissant le cristal jusqu'à l'épaisseur $e = 0^{mm},16$, j'ai pu étudier sa dispersion rotatoire; le tableau ci-dessous indique les valeurs des rotations pour une lame cristalline de $0^{mm},16$ et pour une solution aqueuse à 0,065 pour 100 dans un tube de 20^{cm}; ρ est relatif au cristal, α à la solution.

λ (en μμ).	490.	500.	520.	540.	560.	580.	600.	620.	640.	660.	680.	700.
ρ...	+51′	+28′	−1′	−26′	−48′	−64′	−74′	−84′	−89′	−91′	−88′	−83′
α...	+28′	+18′	+15′	+10′	+6′	+3′	0	−2′	−4′	−4′	−3′	−2′

La variation de ρ en fonction de λ est tout à fait comparable à celle de α, mais le point d'inversion se trouve à $0^{\mu},519$ et non plus à $0^{\mu},597$.

On pourrait interpréter cette différence en admettant qu'un pouvoir rotatoire de structure, gauche pour le composé étudié, se superpose à l'activité moléculaire; mais je ne pense pas qu'il y ait lieu de faire inter-

---

(1) Un Mémoire plus complet paraîtra dans un autre Recueil.

(2) *Recueil des Travaux chimiques des Pays-Bas et de la Belgique*, t. 38, 1919, p. 262.

venir ici cette hypothèse : le rhodotrioxalate de potasse est en effet un de ces complexes dont la symétrie cristalline (L^3, $3L^2$) est identique à la symétrie moléculaire indiquée par la représentation stéréochimique de Werner; cette coïncidence nous conduit à admettre que, dans ces composés, toutes les molécules sont parallèles entre elles, et que, par conséquent, le pouvoir rotatoire observé dans la direction de l'axe est dû uniquement à ces molécules.

L'identité des dispersions dans le cas des corps transparents (sucre, tartrates, camphre, etc.) et la parenté des dispersions dans le cas des corps colorés (rhodotrioxalate et autres sur lesquels je reviendrai ultérieurement) reçoivent une interprétation simple dans le cadre de la théorie de Drude :

1° *Corps transparents.* — Il s'agit de corps n'ayant de bandes d'absorption que dans l'ultraviolet. Assez loin de ces bandes, le pouvoir rotatoire moléculaire est de la forme $\alpha = \frac{A}{\lambda^2 - \lambda_0^2}$, λ_0 étant la longueur d'onde de la bande la plus rapprochée. Le pouvoir rotatoire cristallin étant de valeur différente, mais de même dispersion, a pour expression $\rho = \frac{A'}{\lambda^2 - \lambda_0^2}$, ce qui exige que les bandes d'absorption du solide et du liquide soient à la même place ([1]). Inversement, si l'on peut établir expérimentalement que les deux états physiques ont les mêmes bandes d'absorption, on sera en droit de conclure à l'identité des dispersions.

2° *Corps colorés.* — Ces corps possèdent, comme les précédents, des bandes d'absorption dans l'ultraviolet et une bande au moins dans le spectre visible. Le pouvoir rotatoire des solutions est de la forme

$$\alpha = \frac{A}{\lambda^2 - \lambda_1^2} + \frac{B(\lambda^2 - \lambda_2^2)}{(\lambda^2 - \lambda_2^2)^2 + C\lambda^2}$$

en tenant compte seulement de la bande visible λ_2 et de la première bande éloignée λ_1. Si l'on admet encore que ces bandes varient peu lorsqu'on passe à l'état solide, le pouvoir rotatoire cristallin conserve la forme

$$\rho = \frac{A'}{\lambda^2 - \lambda_1^2} + \frac{B'(\lambda^2 - \lambda_2^2)}{(\lambda^2 - \lambda_2^2)^2 + C'\lambda^2},$$

(1) On sait peu de chose sur les modifications de l'absorption par changement d'état physique; dans quelques cas on a constaté un léger décalage des bandes continues vers le rouge, en passant du liquide au solide : cela entraînerait ici une légère augmentation de la dispersion cristalline.

les coefficients ayant seuls varié par suite de l'anisotropie moléculaire. Cette variation suffit d'ailleurs à entraîner le changement de place du point d'inversion de ρ.

Dans le cas du rhodotrioxalate étudié, A′ est positif et B′ négatif; le phénomène est analogue à celui présenté par le *diphényl-1-bornylimidoxanthide*, étudié par Bruhat, en solution et à l'état surfondu ([1]).

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la prévision des avalanches.* Note ([2]) de M. **André Allix**, transmise par M. Ch. Barrois.

On a maintes fois insisté sur la petitesse des causes mécaniques qui peuvent provoquer le déclenchement des avalanches. En réalité, la neige peut se trouver dans des conditions telles qu'elle devrait théoriquement glisser, et cependant, rester en place, sensible au plus petit ébranlement. Il y a là un phénomène comparable à celui de la surfusion des liquides un peu au-dessus du point de congélation, et que je propose d'appeler le *sous-équilibre* de la

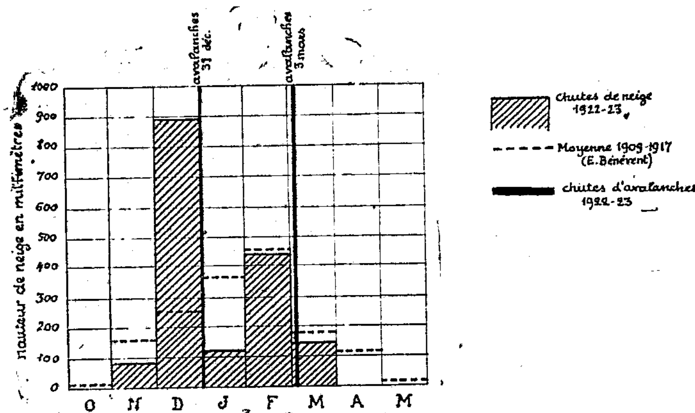


Fig. 1. — Chutes de neige de l'hiver 1922-1923 au Bourg d'Oisans, comparées aux moyennes de huit années. Relation avec les avalanches.

neige. Une méthode de prévision ne pourra indiquer que l'existence de cet état, c'est-à-dire permettre d'annoncer qu'une *période critique* comportant une probabilité plus ou moins grande en faveur des chutes d'avalanches.

Une méthode, théoriquement satisfaisante, pourrait être fondée sur

([1]) G. Bruhat, *Thèse de doctorat*, Paris, 1914, p. 47 et 84.

([2]) Séance du 5 mai 1924.

l'étude mathématique des conditions de rupture de la couche de neige, en tenant compte de son état physique, et en s'inspirant des procédés de calcul indiqués par Rankine et par Frontard. Mais, étant donnée l'extrême variabilité de la neige dans le temps et dans l'espace, elle soulève trop de difficultés pratiques. Une autre méthode, purement empirique, consisterait à établir des barèmes régionaux fondés, dans chaque compartiment de la montagne, sur l'étude prolongée des conditions météorologiques, dans tous les cas concrets observés pendant plusieurs saisons; l'étude des moyennes étant évidemment inopérante en l'espèce, et la généralisation dans l'espace illégitime.

Une opinion commune établit une relation directe entre l'abondance des neiges et l'importance des avalanches. Les cas indiqués sur la figure 1 montrent qu'il n'en est rien (mars). Rapprochant les données moyennes

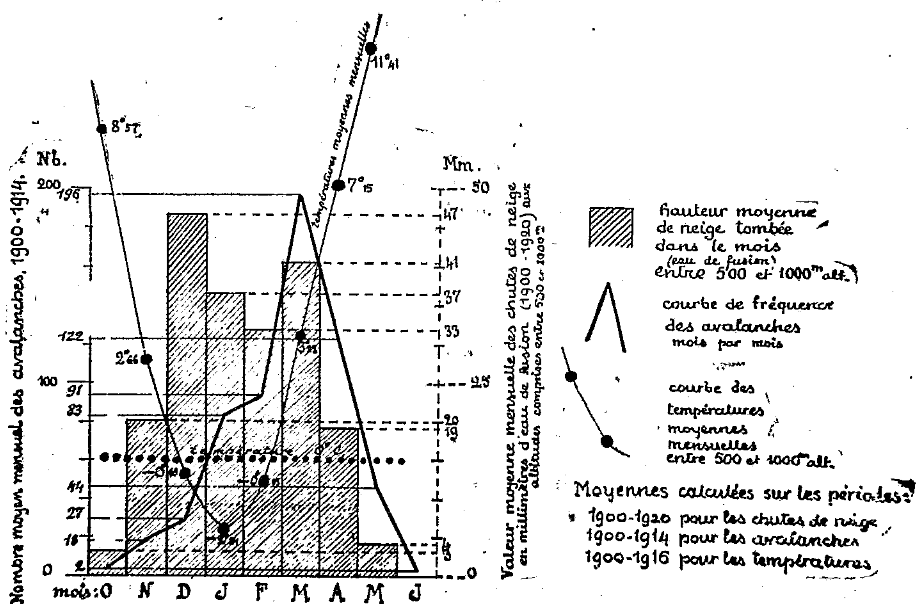


Fig. 2. — Relations entre les chutes moyennes de neige, les températures moyennes mensuelles et la fréquence des avalanches en Savoie (d'après les données publiées séparément par P. Mougin).

séparément fournies par P. Mougin, la figure 2 suggère le rôle simultané de l'abondance de la neige et du relèvement de la température. Enfin, la figure 3 montre l'importance des trois conditions suivantes : 1° relèvement de la température; 2° apparition d'un vent humide tiède; 3° chute de neige mouillée (mêlée de pluie); il s'y ajoute 4° baisse de pression atmosphérique.

A la vérité, les cas concrets des figures 1 et 3 ne portent que sur des ava-

lanches de la sorte la plus fréquente (75 pour 100 des cas), que le langage populaire appelle parfois « avalanches de chaleur ». Mais il existe aussi des « avalanches froides », entraînant de la neige sèche. Une opinion populaire, courante chez les alpinistes, et dont Ch. Dufour semble s'être fait l'écho dans une Note très vague (¹), veut que dans ce cas le glissement de la

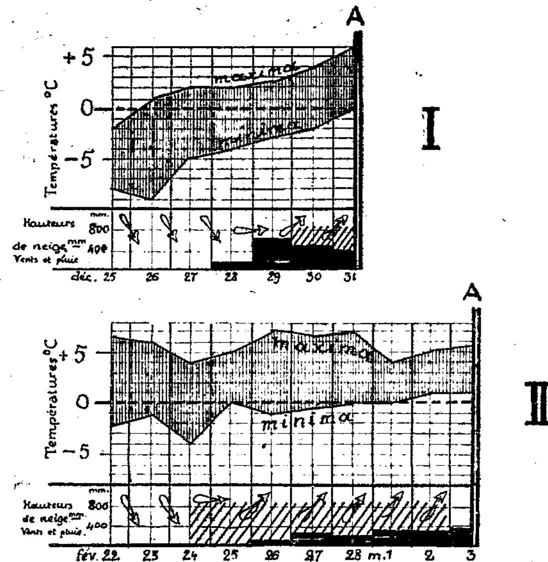


Fig. 3. — Conditions météorologiques à la veille des grandes avalanches de 1922-1923, en Oisans (chiffres du Bourg d'Oisans). A : avalanches. I, fin décembre; II, début de mars.
La partie couverte de hachures serrées indique l'intervalle dans lequel a varié la température. Les taches noires sont proportionnelles à la hauteur de neige tombée ; un filet blanc y sépare la quantité tombée le jour même du reliquat de la journée précédente. Les hachures larges indiquent la pluie. Les flèches indiquent la direction du vent, le N. étant en haut et l'E. à droite.

neige soit précédé d'un refroidissement de la température. Fritz Rütgers a, plus récemment, indiqué aussi le rôle général de la température, mais en le considérant à tort comme prépondérant; Maurice Paillon a attribué le rôle essentiel à la baisse de pression.

On n'obtiendra des résultats sûrs et utilisables qu'en organisant un réseau serré de postes d'observation, travaillant régulièrement suivant des principes uniformes, et considérant au moins les quatre sortes de données citées plus haut. En France, on dispose pour cela de quelques Commissions météorologiques départementales et du personnel des Eaux et Forêts; il suffit de leur donner en ce sens une unité de direction.

(¹) *Sur la chute des avalanches* (*Comptes rendus*, t. 87, 1878, p. 307).

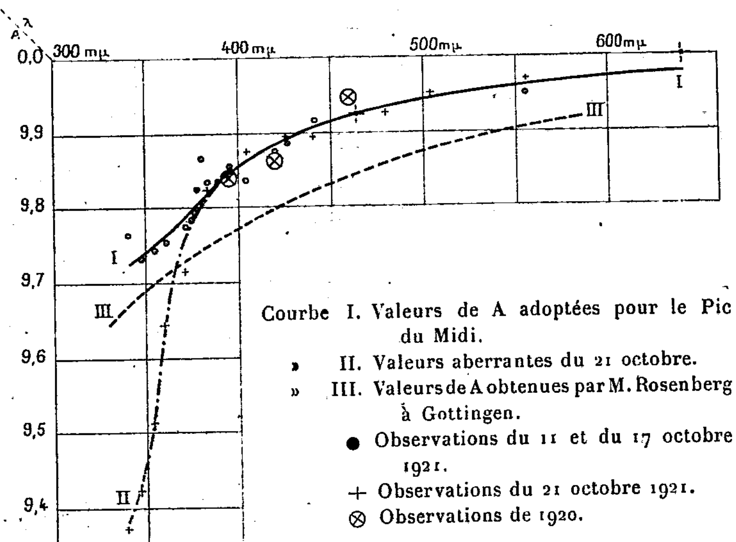
PHYSIQUE DU GLOBE. — *Étude sur l'absorption sélective de l'atmosphère à l'Observatoire du Pic du Midi. Anomalies de cette absorption.* Note de M. **Jules Baillaud**, présentée par M. B. Baillaud.

L'étude dont nous donnons ici le résultat a été poursuivie en 1920 et 1921 par des méthodes un peu différentes. En 1921 j'ai appliqué la méthode d'observation décrite dans ma Note du 6 août 1923; je n'ai pu obtenir les valeurs absolues des coefficients de transmission, mais seulement des valeurs relatives pour une trentaine de radiations comprises entre $\lambda 340$ et $\lambda 650$. En 1920 j'avais fait des mesures absolues de ces coefficients mais se rapportant seulement à trois groupes de radiations assez voisins, dont les centres sont : $\lambda 397^{m\mu}$, $420^{m\mu}$, $463^{m\mu}$.

Je ne reviendrai pas sur le dispositif employé en 1921. En 1920 j'avais appliqué, avec un instrument différent, le même principe de photométrie, obtenir des impressions photographiques simultanées du flux étudié et du flux de comparaison, ce dernier formant deux ou trois degrés d'une échelle de teintes :

Le flux lumineux stellaire dispersé par un prisme de 45° en flint lourd formait, avec l'aide d'un objectif O de 50^{cm} de foyer, un petit spectre sur la face avant d'une lentille L_1. Cette lentille donnait une image de l'objectif O sur la plaque photographique. Deux autres lentilles L_2 et L_3 contiguës à L_1 formaient sur sa plaque des images d'un écran diffusant E illuminé par une lampe électrique S. Des miroirs M_2 et M_3, glaces à faces parallèles non argentées, renvoyaient sur les lentilles L_2 et L_3 la lumière diffusée par M; M_2 était traversé par le flux lumineux que devait recevoir M_3. Les lentilles L_1, L_2, L_3 étaient recouvertes de diaphragmes. Le diaphragme de L_1 avait une ouverture rectangulaire à peine plus large que le spectre stellaire et limitant par sa longueur la région spectrale étudiée. Les diaphragmes de L_2 et de L_3 étaient circulaires; ils déterminaient le rapport des flux reçus de E. L'image donnée par L_1 de l'objectif O, éclairé par les radiations stellaires isolées par le diaphragme, devait être comparée à l'aide de mon opacimètre intégrateur aux images de l'écran E données par L_2 et L_3. On juxtaposait à l'écran diffusant E des filtres de radiations laissant passer des flux appartenant sensiblement aux mêmes régions spectrales que celles qui traversaient le diaphragme de L_1. J'avais renoncé pour les flux stellaires à l'emploi de ces filtres qui n'auraient pas défini aussi nettement que le prisme et le diaphragme les régions spectrales étudiées. Ils suffisaient pour les

flux de comparaison auxquels on ne demandait que d'avoir les mêmes propriétés photographiques moyennes que les flux mesurés. La chambre photométrique pouvait être braquée sur une lampe étaton placée à l'extrémité de la terrasse ; elle en étudiait le flux dans les mêmes conditions que les flux stellaires. C'est en fonction de l'intensité de cette lampe qu'était évalué le



rayonnement stellaire, la lampe de la chambre ne servant que d'intermédiaire.

Les valeurs trouvées pour le logarithme A du coefficient de transmission (rapport du flux lumineux reçu d'une étoile zénithale au flux lumineux pénétrant dans l'atmosphère) sont figurées sur les courbes I et II. Ces courbes ont été tracées avec les observations de 1921. Les résultats des observations de 1920 sont représentés par des croix entourés de cercles. La courbe III représente les déterminations faites par M. Rosenberg à Gottingen; les valeurs trouvées par Abbott et Fowle au Mont Wilson par des observations du Soleil donnent une courbe sensiblement parallèle à la courbe I et qui se serait placée légèrement au-dessous.

J'ai dû séparer mes observations en deux groupes : celles représentées par la courbe I-I, et celles représentées par la courbe II-I. Les premières donnent des résultats en très bon accord avec ceux de la plupart des autres observateurs. Les secondes, qui s'accordent avec des mesures de MM. Fabry et Buisson, conduisent à des coefficients de transmission

anormalement faibles jusque vers la radiation λ 380$^{m\mu}$. Elles manifestent l'existence dans l'atmosphère d'une matière possédant une bande d'absorption ultraviolette assez nettement limitée à cette radiation.

Les deux séries ont été obtenues par ciel très pur, mais le 21, à l'extérieur de la coupole, du givre se déposait sur le mur. Ce fait laisse penser que peut-être c'est à la présence d'un excès de vapeur d'eau dans l'atmosphère qu'il faut attribuer cette absorption inattendue. Les bandes d'émission de la vapeur d'eau, telles qu'on les observe en laboratoire, sont bien connues; elles ne présentent aucune accumulation ou aucun renforcement dans la région de longueur d'ondes immédiatement plus courtes que λ 380$^{m\mu}$. Il faudrait que la vapeur d'eau possédât une bande d'absorption étendue dont on n'aurait pas observé la contre-partie en laboratoire dans le spectre d'émission et qui n'apparaîtrait peut-être que lorsque la vapeur est dans l'état d'instabilité qui précède sa condensation.

A l'appui de cette hypothèse, il faut rappeler que E. Nichols et Pacini ont trouvé un affaiblissement très marqué des radiations de courtes longueurs d'onde dans la lumière des nuées, comparée à celle du ciel pur.

Grâce à l'altitude du Pic du Midi, aucune observation n'a été faite à travers la vase atmosphérique. L'ozone et la vapeur d'eau sont les seuls constituants de l'atmosphère dont la masse ait pu varier notablement d'un jour à l'autre. Pour expliquer par l'ozone le coefficient d'absorption 0,6 trouvé le 21 pour la radiation λ 340 il aurait fallu supposer dans l'atmosphère une épaisseur d'ozone pur de 5^{cm}. MM. Fabry et Buisson n'ont trouvé que 0^{cm},3.

Mes observations, comme celles de Rosenberg et d'Abbott, sont en contradiction avec ce résultat que M. Nordmann a donné en 1907 comme étant la règle à Paris et en Suisse : « La nuit, et par beau temps, la partie bleue du spectre s'est toujours montrée moins absorbée que la partie rouge. »

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la phylogénie des éléphants.* Note de M. Sabba Stefanescu.

De 1913 à 1922, j'ai présenté à l'Académie 22 Notes préliminaires sur l'organisation des molaires des mastodontes et des éléphants, et sur la phylogénie de ces animaux, mais aucune de ces Notes n'est pas arrivée à la connaissance de Depéret et Majet, aussi quelques-unes des conclusions

de leur important Mémoire sur les Éléphants Pliocènes doivent, à notre avis, être acceptées sous réserves et même rectifiées.

I. Suivant ces auteurs, l'*E. planifrons* n'a pour le moment aucun ancêtre connu. L'arrivée de cet éléphant dans l'Inde et en Europe, à l'extrémité du début du Pliocène supérieur, est le résultat d'une *migration brusque*, dont nous ignorons encore le point de départ (M. p. 193). Or mes recherches sur la phylogénie de l'*E. meridionalis*, descendant non contesté de l'*E. planifrons*, m'ont conduit à la conclusion que *ses ancêtres sont issus directement du groupe des mastodontes bunolophodontes à collines formées de tubercules congénères alternes*, *telle que* M. arvernensis, sivalensis, longirostris [1].

Si la présence de *M. sivalensis* dans les couches des Siwaliks, inférieures à l'horizon de Pinjor, dans lequel apparaît l'*E. planifrons*, rend cette assertion plausible, *l'organisation bituberculaire et les autres caractères morphologiques des lames des molaires de toutes les espèces d'éléphants du phylum meridionalis* la rend probable, sinon certaine.

II. Depéret et Mayet ont rejeté la vieille méthode des *arbres généalogiques* (M. p. 194) et ont adopté la méthode nouvelle d'Airaghi (1917) et d'Osborn (1921), méthode qui consiste à établir la phylogénie des éléphants par *rameaux parallèles*, non convergents (M. p. 196). Airaghi a distingué quatre rameaux phylétiques : *Stegodon*, *Loxodon*, *Euclephas*, *Elephas*. Osborn a admis quatre branches fondamentales ayant évolué parallèlement : *Stegodontinés*, *Loxondontinés Mammontinés*, *Éléphantinés*. Depéret et Mayet ont réparti les espèces de la famille des *Éléphantidés* (les *Stegodon* mis à part) en cinq grands groupes parallèles avec huit rameaux phylétiques indépendants (M. p. 197) : *E. planifrons-meridionalis*, v. *planifrons meridionalis; E. antiquus*, v. *ausonias-antiquus* et *melitensis-atlanticus; E. primigenius*, v. *trogontherii*, *astensis-primigenius* et *primigenius* (*sibiricus*); *E. indicus*, v. *namadicus-indicus*. *E. africanus*, v. *africanus* (M. p. 196-197).

Ne connaissant pas les travaux d'Airaghi et d'Osborn, je m'en réfère aux indications de Depéret et Mayet relatives à ces travaux et j'ajoute les observations suivantes, basées sur les résultats de mes recherches :

a. La méthode pratiquée par Depéret et Mayet, pour établir les groupes et les rameaux phylétiques indépendants, est celle pratiquée par tous les paléontologistes qui ont cherché à établir la phylogénie des éléphants en se basant sur la forme et les dimensions des molaires, sur l'abondance plus ou moins grande du cément, sur la hauteur de la couronne par rapport à la

[1] *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 811.

racine, sur les figures des sections des lames usées par abrasion, sur l'épaisseur plus ou moins grande et sur les plis plus ou moins nombreux et proéminents de l'émail, sur les formules lamellaires ou laminaires, sur la fréquence laminaire, sur le quotient lamellaire ou laminaire et sur quelques autres caractères de moindre importance phylogénique des molaires. Or notre méthode est radicalement différente. Pour rechercher le phylum ou rameau, nous suivons en premier lieu la variation des caractères morphologiques phylogéniques des collines ou lames isolées, à savoir : *la composition bituberculaire, la différenciation dissemblable et la disposition non alterne, ou en apparence alterne, des deux tubercules congénères, de chaque colline ou lame*. En dernier lieu, nous utilisons les caractères exposés plus haut [1].

b. En pratiquant cette méthode pour chercher la phylogénie d'*E. africanus, E. indicus, E. meridionalis, E. antiquus*, nous sommes arrivé aux conclusions suivantes :

1. *Les ancêtres d'*E. africanus *sont issus directement des mastodontes bunolophodontes à collines dentaires formées de deux tubercules congénères non alternes, et qui, par conséquent, appartiennent à une branche différente de* M. arvernensis [2].

2. *Par la structure des lames de ses molaires,* E. indicus *est proche parent de* E. meridionalis, E. primigenius *et d'autres espèces d'éléphants éteints, liées phylogéniquement aux espèces de mastodontes bunolophodontes à collines des molaires formées de tubercules congénères alternes, telles que* M. arvernensis *et* M. sivalensis [3].

3. *Les lames des molaires d'*E. meridionalis *sont des collines de* M. arvernensis *différenciées régressivement* [4].

4. E. antiquus, E. africanus, E. meridionalis *appartiennent à trois phylums différents d'éléphants; ces espèces* ne sont pas liées par une filiation généalogique directe [5].

5. *Au phylum* africanus *se rapporte* atlanticus; *au phylum* meridionalis *se rapportent* planifrons, hysudricus, trogontherii, primigenius, indicus; *au phylum* antiquus *se rattachent* priscus, namadicus, melitensis, mnaidriensis, jolensis [6].

(1) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1669.
(2) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 97 et 464.
(3) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1208.
(4) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 811.
(5) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1119.
(6) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 830.

c. Malgré ces précisions, Depéret et Mayet ont attribué à Osborn la séparation bien justifiée du groupe *antiquus* et du groupe *planifrons-meridionalis* (M. p. 177). En outre ils ont attribué à Weithofer, Soergel et Airaghi l'observation très juste que l'*E. africanus* est un rameau indépendant des autres éléphants (M. p. 202), bien que ces auteurs le fassent descendre de *Stegodon*, comme il est indiqué dans leurs tableaux généalogiques (M. p. 194-196).

III. D'accord ovec Osborn, Depéret et Mayet trouvent que les *Stegodon* ne montrent aucune affinité réelle avec les éléphants. Ils sont donc autorisés à conclure que les premiers de ces proboscidiens constituent un rameau *phylétique parallèle*, mais complètement indépendant de ces derniers (M. p. 193). D'après ces auteurs, Airaghi paraît être le premier paléontologiste qui ait abordé l'évolution des éléphants par les méthodes de la Paléontologie moderne (M. p. 196); c'est donc à lui qu'ils devraient attribuer l'indépendance des *Stegodon* et des éléphants. Mais, puisque dans le tableau publié par Airaghi on peut relever quelques points inexacts tels que le passage de *Stegodon* à *E. africanus* et surtout le passage de l'*E. meridionalis* à l'*E antiquus* (M. p. 196), ils l'ont attribuée à Osborn, qui dans une Note préliminaire sur la phylogénie des Proboscidiens, soutient avec raison l'évolution polyphylétique de ce groupe (M. p. 193). Pourtant il est à remarquer que l'indépendance des *Stegodon* et des *Elephas* ([1]) et la séparation complète du *phylum stégodontide* et du *phylum éléphantide* ([2]) a été communiqué à l'Académie quelques années avant l'apparition de la Note d'Osborn (1921).

CHIMIE VÉGÉTALE. — *L'orobanchine, glucoside nouveau, retiré des tubercules de l'*Orobanche Rapum *Thuill.* Note de MM. **M. Bridel** et **C. Charaux**, présentée par M. L. Guignard.

L'un de nous ([3]), en collaboration avec Mlle M. Braecke, a montré que la rhinanthine, extraite par Ludwig, en 1870, des graines de *Rhinanthus Crista-galli* L., était un mélange de saccharose et d'aucubine. Dans ce Mémoire,

([1]) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 983.

([2]) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 739.

([3]) M. Bridel et M[lle] M. Braecke, *Sur la présence d'aucubine et de saccharose dans les graines de* Rhinanthus Crista-galli *L. Rhinanthine et aucubine. La rhinanthine est de l'aucubine impure* (*Bull. Soc. Chim. biol.*, t. 5, 1923, p. 10).

on trouvera signalés ou analysés tous les travaux qui se rapportent à la rhinanthine et, entre autres, un travail de M. Miraude [1] qui, en 1907, a reconnu la présence de la rhinanthine dans les Orobanches et les *Phelipœa* en se basant sur le précipité noir formé par l'acide chlorhydrique ou l'acide sulfurique sur des coupes des organes de ces plantes.

M. Bridel a poursuivi l'étude d'un certain nombre de plantes susceptibles de noircir pendant la dessiccation et il a déjà publié les résultats qu'il a obtenus avec le *Monotropa Hypopitys* L., d'où il a extrait un glucoside différent de l'aucubine [2]. De son côté, Mlle Braecke a continué ses recherches sur les plantes de la famille des Scrofulariacées.

M. C. Charaux ayant montré, en 1910, que les parties renflées des Orobanches renfermaient une énorme quantité d'acide caféique [3], les recherches sur ces plantes se trouvaient déjà commencées par ce travail et elles ont été poursuivies en commun. Elles ont abouti à l'obtention d'un glucoside nouveau, l'*orobanchine*, principe cristallisé qui a fourni jusqu'ici, comme produits de dédoublement, de l'acide caféique, du glucose et du rhamnose.

Les tubercules frais d'*Orobanche Rapum* Thuill. ont été traités par l'alcool à 95° bouillant. Le liquide alcoolique a été distillé en sirop épais qui s'est pris en une masse de cristaux que l'on a essorés. On a obtenu ainsi, avec 2800g de tubercules frais, 96g de cristaux.

Ces cristaux, qui constituent l'orobanchine souillée de matières minérales, ont été additionnés de leur poids d'eau bouillante et traités, à de nombreuses reprises, à l'ébullition, par l'éther acétique hydraté. Les solutions éthéro-acétiques ont laissé, par distillation, un résidu légèrement jaunâtre qu'on a dissous dans deux fois son poids d'eau bouillante : la solution s'est prise, par refroidissement, en une masse de cristaux qu'on a purifiés par une nouvelle cristallisation dans l'eau.

L'orobanchine, cristallisée dans l'eau et séchée à l'air, se présente sous la forme de prismes isolés ou réunis en amas. Elle possède une saveur amère assez prononcée. Dans le vide, à + 50°, elle perd 10,73 pour 100 de son poids. Son point de fusion n'est pas net. Au bloc Maquenne, elle fond instantanément vers + 160°. Elle est lévogyre en solution aqueuse :

$$\alpha_D = -66°,22 \qquad (p = 2,4916;\ v = 100;\ l = 2;\ \alpha = -3°18')$$

[1] *Sur la rhinanthine* (*Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 439).

[2] *Étude biochimique sur la composition du* Monotropa Hypopitys *L.: Obtention d'un glucoside nouveau, la monotropéine* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1742).

[3] *Sur l'acide chlorogénique. Fréquence et recherche de cet acide dans les végétaux. Extraction de l'acide caféique et rendement en acide caféique de quelques plantes* (*Journ. Pharm. Chim.*, 7e série, t. 2, 1910, p. 292).

pour le produit séché à l'air, ce qui donne $\alpha_D = -74°,18$ pour l'orobanchine anhydre.

Elle se dissout très facilement dans les solutions alcalines et dans l'ammoniaque en donnant une solution jaune brun. Elle se dissout dans la solution saturée de bicarbonate de sodium en donnant une solution jaune, mais sans dégager CO^2. La solution au centième de perchlorure de fer officinal donne à la solution aqueuse d'orobanchine une coloration verte passant au bleuâtre par addition de solution de carbonate de sodium.

En solution aqueuse, l'orobanchine est entièrement précipitée par l'extrait de Saturne : le précipité formé est jaune citron.

L'orobanchine est réductrice; 1^g d'orobanchine anhydre réduit comme $0^g,120$ de glucose.

Elle est hydrolysée, à $+105°$, par l'acide sulfurique à 3^g pour 100^{cm^3}. Il se fait un mélange de sucres réducteurs représentant 46,31 pour 100 de l'orobanchine anhydre. De ce mélange de sucres réducteurs ($\alpha_D = +29°$ environ) le *rhamnose* et le *glucose* ont été obtenus à l'état cristallisé et caractérisés par leur pouvoir rotatoire et leur point de fusion. Le glucose a cristallisé très lentement et il a fallu 6 mois pour en obtenir $0^g,13$ en partant de 2^g d'orobanchine séchée à l'air.

Il se fait, au cours de l'hydrolyse sulfurique, un produit de dédoublement soluble dans l'éther qui est le produit de décomposition acide de l'*acide caféique* et qui donne les réactions caractéristiques signalées par l'un de nous (¹).

Par ébullition en présence de potasse au dixième, l'orobanchine est décomposée et fournit de l'acide caféique qu'il est facile d'extraire à l'état pur et cristallisé. Il se forme ainsi 24,35 pour 100 d'acide caféique.

Le suc glycériné de *Russula delica* amène, dans la solution d'orobanchine, la formation d'un produit d'oxydation brun, insoluble et amorphe. L'émulsine et le ferment des graines de *Rhamnus utilis* sont sans action hydrolysante sur l'orobanchine (durée des expériences : 8 jours). La solution aqueuse d'orobanchine précipite l'émulsine de sa solution aqueuse.

En résumé, l'orobanchine, glucoside cristallisé de l'*Orobanche Rapum* Thuill. a fourni, comme produits de dédoublement cristallisés, de l'acide caféique, du glucose et du rhamnose. L'étude de l'orobanchine n'est pas assez avancée pour qu'on puisse dire qu'elle ne fournit, à l'hydrolyse, que ces trois produits de dédoublement. D'ailleurs ces trois produits ne

(¹) C. CHARAUX, *loc. cit.*, p. 296.

représentent que 70,66 pour 100 de l'orobanchine (46,31 pour 100 de sucres réducteurs et 24,35 pour 100 d'acide caféique). Il reste donc à reconnaître par quoi sont constitués les 30 pour 100 encore indéterminés. Mais les résultats que nous avons déjà obtenus nous ont paru suffisamment intéressants pour être publiés.

CHIMIE AGRICOLE. — *L'analyse du sol par les bactéries.* Note de M. D. CHOUCHACK, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

Les nombreuses expériences effectuées depuis les remarquables travaux de Stoklasa, Winogradski, etc. ont montré que la production végétale était sous la dépendance du développement des bactéries du sol.

On peut avoir une idée précise de la marche de ce développement en se basant sur le fait que toutes les bactéries, comme toutes les cellules vivantes d'ailleurs, produisent de la catalase dont la quantité peut être mesurée par le volume d'oxygène qui se dégage lorsqu'on les met en présence d'eau oxygénée.

Mais, comme l'indique Lœhnis (*Précis de Bactériologie agricole*, p. 128), la décomposition de l'eau oxygénée par la terre est due en partie à la catalase des microorganismes qu'elle contient et en partie aux constituants mêmes du sol, minéraux ou organiques.

Or il est facile de séparer ces deux actions : si la terre additionnée de 1,5 à 2 fois son poids d'eau est chauffée pendant une minute à l'ébullition, la catalase est détruite, et le dégagement d'oxygène qui se produit lorsqu'on ajoute de l'eau oxygénée est dû seulement à l'action catalytique des éléments constituants du sol. Une seconde expérience effectuée avec la terre non chauffée donnera la quantité d'oxygène correspondant aux actions combinées des microorganismes et des constituants du sol.

La différence entre ce dernier chiffre et le premier peut être considérée comme un véritable *indice biologique* de la terre.

Ainsi, dans une terre argilo-calcaire contenant 31 pour 100 de CO^3Ca, la valeur de cet indice, mesuré dans les conditions indiquées plus loin, est de 5,7 pour le sol, et de 1,9 seulement pour le sous-sol où la vie bactérienne est bien moins intense. Dans cette terre, la valeur de l'indice n'est que très peu modifiée, si l'on ajoute un hydrate de carbone, mannite ou glucose, selon la technique de Winogradski [1]; cela tient à

[1] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1001.

ce qu'elle est pauvre en azote et en acide phosphorique assimilables. Il n'en est plus de même si l'on ajoute, en même temps que l'hydrate de carbone, les éléments minéraux qui font défaut, comme le montrent les résultats des expériences rapportés plus loin.

Le mode opératoire que je suis est le suivant : Connaissant l'humidité de la terre, j'en prends 30 ou 40g auxquels j'ajoute la quantité d'eau nécessaire pour porter le taux d'humidité à 22 pour 100. C'est dans cette eau que sont dissous les hydrates de carbone et les sels nutritifs. L'hydrate de carbone le plus souvent utilisé est la mannite, à la dose de 1 pour 100. Les sels nutritifs ajoutés sont NO^3NH^4, PO^4Na^2H, KCl seuls ou associés à PO^4K^2H et $PO^4(NH^4)H^2$. Ainsi préparée, la terre est portée à l'étuve à 28° à atmosphère humide.

Après vingt-quatre heures de séjour à l'étuve, on prend 4g de cette terre que l'on introduit avec 5cm³ d'eau dans un tube à essais. Ce tube est bouché et agité énergiquement pendant une minute pour désagréger les particules terreuses. On fait passer la terre désagrégée dans la fiole d'un calcimètre quelconque; on rince le tube à essais à trois reprises avec 5cm³ d'eau chaque fois, que l'on fait aussi passer dans le calcimètre. On introduit dans le second compartiment, ou dans le tube à acide du calcimètre, 5cm³ d'eau oxygénée à 4 volumes, on monte l'appareil et, lorsqu'il est en équilibre de température avec l'extérieur, on le met au zéro, puis on fait couler l'eau oxygénée sur la terre : l'oxygène se dégage aussitôt; on laisse le dégagement se poursuivre, *sans agiter*, pendant quinze minutes, après lesquelles on lit le volume d'oxygène dégagé.

On effectue la même expérience sur une nouvelle prise d'essai de 4g, additionnée de 5cm³ d'eau, désagrégée par agitation, puis maintenue à l'ébullition pendant une minute.

C'est la différence entre les deux lectures du calcimètre qui donne ce que j'ai appelé l'indice biologique de la terre, représenté par $D_{15'}$ dans le tableau suivant, où sont rapportés les résultats obtenus par des additions de N, P^2O^5, K^2O, seuls ou associés, aux dosesde 0,2 pour 100 :

			+ Mannite						
Terre.	Sans rien.	+Mannite.	+N.	$+P^2O^5$.	$+K^2O$.	$+P^2O^5+K^2O$.	$+N+K^2O$.	$+N+P^2O^5$.	$+N+P^2O^5+K^2O$.
$D_{15'}$......	4,8	5,7	6,2	5,3	5,4	5,4	7,1	13,9	14,1

Si les chiffres contenus dans ce tableau représentaient les rendements obtenus dans les diverses parcelles d'un champ d'expériences, on en tirerait immédiatement la conclusion que l'azote et l'acide phosphorique sont en minimum dans cette terre.

Or, si l'on se reporte à la remarque déjà faite, que la production végétale est sous la dépendance du développement des bactéries, et aussi que les bactéries sont des végétaux inférieurs qui ont comme les autres besoin de matières nutritives minérales, on peut tirer de ces résultats la même conclusion.

D'ailleurs, l'expérience culturale la vérifie : cette terre provient d'un

champ d'expériences sur lequel la hauteur moyenne du blé était au 1er mai :

De $0^m,61$ dans les parcelles sans engrais, ainsi que dans celles qui n'avaient reçu qu'un engrais simple;

De $0^m,76$ dans les parcelles ayant reçu du superphosphate et de la potasse;

De $0^m,86$ dans celle ayant reçu du superphosphate et du nitrate;

De $0^m,91$ dans celle qui a reçu l'engrais complet.

Le développement des bactéries dans les expériences précédentes est comme celui du blé dans le champ d'expériences, comme aussi celui de toutes les plantes cultivées, régi par la loi du minimum.

On a donc, grâce à l'action catalytique des bactéries sur l'eau oxygénée, une méthode rapide d'analyse du sol, semblable à celle que l'on utilise dans les champs d'expériences, mais présentant sur elle l'avantage de donner immédiatement les résultats cherchés.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Influence de la diathermie sur la cellule végétale. Conséquences biologiques.* Note [1] de M. **H. Bordier**, présentée par M. H. d'Arsonval.

L'action des oscillations de haute fréquence non amorties, utilisées en médecine sous le nom de *d'Arsonvalisation diathermique*, a été peu ou pas étudiée sur la cellule végétale. J'ai entrepris une série d'expériences propres à bien connaître cette action.

Pour cela, j'ai semé à la même profondeur de 2^{cm} dans trois pots de fleurs 6 graines de petits pois dans de la terre de jardin; l'un de ces pots servait de témoin, tandis que dans les deux autres, étaient enfoncées parallèlement deux lames de charbon de 8^{cm} de longueur et distantes l'une de l'autre de $7^{cm},5$. La terre de ces trois pots a été maintenue également humide.

Dans l'un des pots, j'ai fait passer un courant d'intensité moyenne de 600 à 700 milliampères produisant, après 7 à 8 minutes, une quantité de chaleur telle que la température s'élevait de 15° à 18°, mais le courant était arrêté quand le thermomètre marquait 33°.

Dans l'autre pot, le courant a été employé avec une densité forte, l'intensité allant jusqu'à 1150 milliampères, et la température de la terre atteignant jusqu'à 78°.

L'ensemencement des trois pots a été fait le 17 avril, et à partir de ce jour-là, la terre des deux pots a été soumise au courant de haute fréquence dans des conditions indiquées.

Une première constatation, imprévue, c'est que du pot à forte densité

---

(1) Séance du 12 mai 1924.

électrique, après quelques minutes du passage du courant, sont sortis deux vers de terre (lombrics) qui, après quelques rapides contorsions à la surface de la terre, n'ont plus donné signe de vie; la température était à ce moment-là de 62°.

Une seconde constatation intéressante, c'est que la température de la terre de ce même pot continue à être plus élevée que dans le pot témoin, longtemps après le passage du courant.

L'action de la diathermie sur la germination et la croissance des végétaux est très nette, mais différente, suivant l'intensité ou plutôt la densité électrique du courant, et suivant l'élévation de température du milieu traversé.

Un premier résultat, c'est que dans le pot où passait un courant fort, il ne s'est montré aucune trace de croissance des pois semés. Le même résultat a été trouvé sur des graines de ray-grass semées à la surface de la terre de ce même pot. Le 2 mai, les pois sont retirés de la terre; les graines sont gonflées avec un petit germe sur l'une d'elles seulement; le lendemain ces graines, mises à l'air, avaient repris le même aspect qu'avant d'être semées quinze jours plus tôt (¹).

Ce qui a été observé dans le second pot a été tout à fait différent; ici, l'action de la diathermie avait été assez modérée, la croissance s'est faite, mais avec un certain retard. Le 25 avril, les pois commencent à pousser au nombre de 4, alors que dans le pot témoin, les six pois sont nés.

Le 28 avril, la différence entre les plantes des deux pots s'accentue; la hauteur respective moyenne est 23^{mm} et 42^{mm}; une graine a été semée un peu en dehors des lignes de passage des oscillations allant à travers la terre d'un charbon à l'autre, sa croissance s'est faite d'une façon nettement plus rapide que celle des autres pois placés en plein champ des lignes de force, mais plus lente que celle des pois du pot témoin.

Voici les hauteurs observées à différentes époques :

	Pot témoin.	Pot avec diathermie.
Le 28 avril	42^{mm}	23^{mm}
» 29 »	54	35
Le 1er mai	85	50 (²)
» 2 »	90	70
» 3 »	120	85
» 5 »	155	105
» 6 »	162	110 (³)

(¹) Ces pois, ressemés dans de la bonne terre, n'ont pas pu germer.

(²) Plante extérieure, 70^{mm}.

(³) Plante extérieure, 130^{mm}.

Ces chiffres montrent que la diathermie a une action nettement retardante sur le développement des cellules végétales traversées par les lignes de force du courant à haute fréquence. Il est très important de noter que la température de la terre mesurée à la même profondeur que celle des graines n'a jamais dépassé 33°. Ce n'est donc pas à cette élévation de température — qui aurait dû avoir au contraire une influence favorable — qu'il faut attribuer le retard constaté dans le développement des plantes, mais bien à l'action des oscillations elles-mêmes.

C'est à une conclusion analogue qu'était arrivé M. d'Arsonval en expérimentant sur la toxine diphtérique qui devient jusqu'à 10 fois moins active qu'avant le passage du courant de haute fréquence ([1]).

Ce même retard s'est également produit sur du ray-grass semé le 25 avril à la surface de la terre des pots et sur du cresson alénois semé sur du coton placé dans des assiettes pleines d'eau ; dans ce dernier cas, il s'est manifesté tout d'abord un retard dans la germination des graines, puis un arrêt de la croissance ; la température, il est vrai, avait atteint ici 40° à chaque application du courant.

Des expériences et observations qui précèdent, il ressort que : 1° Les oscillations de haute fréquence empêchent toute vie dans le milieu traversé quand la densité électrique est très forte ; la température atteinte, 70 à 78°, est probablement la principale cause s'opposant à la prolifération cellulaire par suite de la coagulation des albuminoïdes. C'est cette même coagulation qui est utilisée, comme on le sait, sous le nom de *diathermo-coagulation* dans les applications chirurgicales de la diathermie pour détruire les tissus néoplasiques.

2° Lorsque les oscillations de haute fréquence traversent la terre humide sous une densité moyenne, l'action du courant se manifeste par un retard dans la prolifération cellulaire des graines semées, sans qu'on puisse attribuer ce retard à l'élévation de température qui accompagne le passage du courant. L'action retardante ne peut avoir pour cause que les perturbations produites sur les cellules végétales par l'énorme rapidité des alternances du courant dont la fréquence atteignait avec l'appareil utilisé 2 500 000 par seconde.

Ces expériences sur les végétaux permettent de penser que la d'arsonvalisation diathermique appliquée sur l'homme dans un but thérapeutique agit sur les tissus non seulement par la chaleur qu'elle développe dans le sang et dans les tissus, mais aussi par le nombre considérable de changements pro-

---

([1]) *Bull. Soc. de Biologie*, t. 48, 1896, p. 121.

duits en une seconde dans l'orientation des ions et des particules colloïdales des cellules traversées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Oxydations-réductions au cours d'échanges à travers un septum. Schéma de l'activation catalytique par une paroi.* Note de M. **Pierre Girard**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans deux Notes précédentes ([1]) nous avons montré, M. Platard et moi, que des échanges entre deux milieux électrolytiques à travers un septum sélectivement perméable aux ions de ces milieux conditionnaient des processus chimiques différant profondément de ceux qui résulteraient de réactions directes.

Nous avons en outre établi le mécanisme de ces anomalies; il consiste en ce que le déséquilibre électrostatique que tend à créer ce triage sélectif se répare non par un simple échange d'ions auquel précisément la perméabilité de la paroi s'oppose, mais par le passage d'électrons de certains anions sur certains cations.

Le changement d'affinité, lié à cette modification électronique, de quelques-uns des composants du système entraîne de nouveaux groupements chimiques et l'apparition des molécules nouvelles imprévisibles étant données la constitution initiale des milieux et la température de l'expérience.

C'est en somme là tout l'essentiel d'un processus catalytique et il paraît indiqué de rapprocher de tels changements d'affinité de l'activation d'une molécule par un catalyseur matériel ([2]). Il est vrai que dans les processus catalytiques habituels la modification électronique en laquelle consiste cette activation n'est pas toujours aussi simple que celle qui se traduit par la perte ou le gain d'un électron de valence. Dans le cas de l'hydrolyse du

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1212 et 1393.

([2]) On lit souvent qu'un catalyseur ne peut modifier l'affinité d'une réaction, celle-ci s'exprimant par le travail maximum que définit au cours d'une transformation réversible un état initial et un état final. Le catalyseur ne prenant pas part à la réaction, ces deux états, conclut-on, restent les mêmes en sa présence. Mais en fait, tout se passe au contraire, comme si au cours du processus catalytique on introduisait dans le système des molécules activées, c'est-à-dire des molécules nouvelles. Il est alors aisé de comprendre que le véritable état initial n'est pas l'état originel du système mais son état à partir du moment où figurent des molécules activées par le catalyseur. Il serait même plus exact de dire qu'on ne peut pas définir l'état initial.

sucre par la sucrase par exemple, l'activation d'une molécule de sucre ne représente à l'esprit rien de bien défini.

Il se pourra encore que cette activation consiste dans le dénouement d'une valence ($O=O$ devenant $-O-O-$) ; mais il est alors bien délicat de préciser la modification électronique correspondante. Envisageons le cas le plus favorable, celui où cette modification électronique peut être définie ; tout le mystère de la catalyse réside alors dans le mécanisme de cette activation et dans le rôle essentiel — puisqu'elle est impossible sans lui — qu'y joue le catalyseur matériel. Nous ferons remarquer que l'hypothèse des combinaisons intermédiaires ne nous donne aucun renseignement snr cette activation et elle ne rend compte de l'accroissement de la vitesse de la réaction qu'autant que cette réaction est devenue possible précisément par l'entrée en jeu de molécules activées. En cette activation réside bien tout l'essentiel de la catalyse et aussi son obscurité.

Or dans les processus chimiques au cours d'échanges où des septums sont actifs cette obscurité se dissipe. Il n'intervient pas alors, il est vrai, de catalyseur matériel (car le septum ne peut être considéré comme un tel catalyseur), mais on peut envisager un *facteur catalytique* qui est le déséquilibre électrostatique que le septum en tant que « trieur d'ions » tend à provoquer au sein des solutions. La nécessité de compenser ce déséquilibre rend complètement compte de l'activation de tels anions ou de tels cations.

Ces remarques nous ont conduit à une représentation d'un mécanisme possible (entre plusieurs) de l'activation catalytique par une paroi.

Il ne s'agira plus cette fois d'échanges entre deux milieux à travers un septum. Nous envisagerons simplement, baignée par un milieu électrolytique défini, une paroi jouant le rôle de catalyseur; ou bien, dans le cas d'une diastase, des granules colloïdaux, uniformément dispersés dans le milieu. Nous nous limiterons à la modalité d'activation la plus simple et probablement l'une des plus fréquentes, celle qui consiste dans le gain ou la perte d'électrons de valence [1].

Dans ces conditions on peut imaginer que le rôle du catalyseur soit de provoquer, au sein de la solution, un déséquilibre électrostatique analogue à celui dont il fut question dans les phénomènes précédemment décrits.

---

[1] On admet généralement qu'*in vivo* ce sont les ions de l'eau H^+ et OH^- qui sont, après activation par perte ou gain d'un électron, les principaux agents d'oxydations-réductions, tout au moins à l'abri de l'air.

Supposons adhérant à la paroi une couche épaisse de molécules d'eau, ou bien, autour de ces granules qui s'agitent, un nombreux cortège de ces molécules (colloïde hydrophile). La paroi que, pour plus de simplicité, nous ne supposerons pas dissociable — cette restriction n'est pas nécessaire (¹) — sera chargée soit positivement, soit négativement, par une atmosphère d'ions H^+ ou OH^-, suivant l'acidité ou l'alcalinité de la liqueur. Dans l'interprétation qu'a fournie M. Jean Perrin de l'électrisation d'adsorption, seuls les ions H^+ et OH^- peuvent approcher assez près de la paroi et lui communiquer leur charge pour la raison que, parties intégrantes des molécules d'eau, ils peuvent, sans effectuer de parcours réel, disparaître en un point ou se détacher à l'extrémité d'une longue chaîne de ces molécules, réalisant ainsi une sorte de scintillation incessante. Dans l'atmosphère ionique constituée autour de la paroi, et en raison de l'eau qui l'isole, ne se retrouvera plus l'habituelle disposition d'équilibre. Au lieu de couches doubles, nous aurons un essaim d'ions d'un même signe, et dans la solution (assez loin de la paroi si la couche d'eau isolante est épaisse), à l'intérieur d'un élément de volume, apparaîtra un excès d'ions d'un signe inverse. Or un état de distribution des charges tel qu'à l'intérieur d'un élément de volume le nombre des charges positives et négatives ne soit pas égal, n'est possible qu'exactement à la limite de séparation de deux phases, et non pas à l'intérieur d'une phase ou un peu loin de cette limite. A la nécessité d'effacer le déséquilibre créé par cet état de distribution correspondra un déplacement d'électrons de certaines molécules négatives sur certaines molécules positives. Ainsi s'explique l'activation de ces molécules et l'apparition d'ions $[H^2O^-]$ (²) neutralisant au voisinage de la paroi, ou dans la solution par l'abandon des électrons captés (et transmis de molécule d'eau en molécule d'eau) des essaims d'ions qui renaîtront sans cesse. Si nous supposons au voisinage de la paroi un essaim d'ions H^+, ceux-ci passant à l'état de $\frac{1}{2}H^2$ se fixeront sur des molécules neutres et les réduiront; de telles molécules en effet, échappant à l'attraction diélectrique, pourront approcher près de la paroi. Au contraire, à quelque distance de la paroi, les molécules négatives qu'ont abandonné des électrons de valence donneront, par réaction secondaire, un composé d'oxydation.

(¹) Mais le schéma se complique.

(²) Dont il fut question dans une Note précédente (voir *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1393.

PHYSIOLOGIE. — *La fonction cholestérogénique de la rate.* Note de M. **J.-B. Abelous** et **L.-C. Soula**, présentée par M. Charles Richet.

Si l'on recueille, avec toutes les précautions d'asepsie nécessaires, le sérum du sang de chiens normaux cinq à six heures après un repas abondant en graisses et si l'on abandonne ce sérum à lui-même, à la température du laboratoire (16-18°), on constate que sa teneur en cholestérine augmente pendant quelques jours. Dans les mêmes conditions, un processus inverse se manifeste avec le sérum de chiens antérieurement dératés.

	Cholestérine par litre de sérum (en grammes) (moyenne de 14 expériences).	
	Chiens normaux.	Chiens dératés.
Dosage aussitôt après la récolte de sérum	1,652	2,181
2e jour	1,783 + 0,131	1,985 + 0,196
3e jour	1,812 + 0,160	1,981 + 0,200
4e jour	2,011 + 0,359	1,533 + 0,548
5e jour	1,665 + 0,013	1,678 + 0,503
	Augmentation moyenne pour 5 jours: 10 pour 100.	Diminution moyenne pour 5 jours: 18 p. 100.

Le sérum de chiens normaux à jeun ou nourris avec des rations sans graisse ne présentent pas cette augmentation de cholestérine, mais au contraire une diminution (diminution pour cinq jours de 13 pour 100 en moyenne).

Chiens dératés, mais porteurs de greffes spléniques (homogreffes) ou ayant reçu des injections d'extrait splénique.

Les chiens dératés sur lesquels on a pratiqué la greffe péritonéale de leur propre rate (greffe en semis) auxquels on injecte de l'extrait splénique fournissent après avoir reçu un repas gras, un sérum qui se comporte comme le sérum des animaux normaux dans les mêmes conditions diététiques. Pour les chiens porteurs de greffes spléniques, l'augmentation moyenne de la cholestérine pour 5 jours a été de 16 pour 100; pour les chiens ayant reçu des injections d'extrait splénique, de 13 pour 100. Il résulte donc de ces expériences que la rate joue un rôle très important dans l'enrichissement en cholestérine du sérum recueilli après un repas gras.

Le fait que l'ingestion préalable d'un tel repas est nécessaire pour constater l'accroissement de la cholestérinémie *in vitro*, porte à croire que c'est

aux dépens des graisses absorbées que se produit la cholestérogénèse, sans doute sous l'influence d'un produit de sécrétion interne de la rate. Il était donc naturel de doser dans le sérum les lipoïdes en totalité, l'insaponifiable (comprenant la cholestérine), la cholestérine et les acides gras. Si c'est aux dépens de ces derniers que se forme la cholestérine, on doit, parallèlement à l'accroissement de cette dernière, constater une diminution de la quantité d'acides gras. En d'autres termes, le coefficient lipémique, c'est-à-dire le rapport de la cholestérine aux acides gras doit augmenter dans le sérum. C'est ce qui se produit pour le sérum des chiens normaux et ce qui n'a plus lieu pour le sérum des chiens dératés préalablement.

Chiens normaux (moyenne de trois expériences).

Cholestérine par litre de sérum.		Lipoïdes totaux.		Insaponifiable.		Acides gras.		Coefficient lipémique.	
A.	B.	A.	B.	A.	B.	A.	B.	A.	B.
1,576	1,918	7,972	7,683	1,672	2,150	6,300	5,533	25,15	35,9 (1)

Chiens dératés.

1,549	1,282	4,950	5,258	2,133	2,186	2,817	3,072	55	41 (2)

Mais, si au sérum des chiens dératés nous ajoutons de l'extrait de rate privé de ses lipoïdes, les choses changent et, tout en observant une augmentation de lipoïdes totaux comme dans l'analyse précédente et une augmentation des acides gras, nous constatons que le coefficient lipémique ne diminue pas, mais augmente comme dans le sérum des chiens normaux quoique à un moindre degré.

Chiens dératés.

[Au sérum, on a ajouté 2$^{cm^3}$ d'extrait de rate privé de ses lipoïdes (moyenne de trois expériences)].

Cholestérine.		Lipoïdes totaux.		Insaponifiable		Acides gras.		Coefficient lipémique.	
A.	B.	A.	B.	A.	B.	A.	B.	A.	B.
1,145	1,335	5,916	6,652	1,508	1,805	3,750	3,986	30	33,4 (3)

Les chiffres des colonnes A représentent les dosages faits sur le sérum 12 heures après le prélèvement du sang qui est maintenu à la glacière; ceux des colonnes B, les dosages effectués du troisième au quatrième jour.

---

(1) Augmentation du coefficient lipémique 9,6 pour 100.
(2) Diminution » » 14 ».
(3) Augmentation 2,7 pour 100.

Conclusions. — 1° Le sérum des chiens normaux en digestion d'un repas gras s'enrichit *in vitro* en cholestérine, alors que la proportion des acides gras y diminue. Ce fait, appuyé sur ce que seul le sérum des animaux ayant ingéré des graisses présente une cholestérinémie accrue permet de conclure que c'est aux dépens des acides gras que se forme le supplément de cholestérine.

2° Le sérum des animaux dératés s'appauvrit en cholestérine, tandis que les acides gras n'y diminuent pas, mais augmentent au contraire comme les lipoïdes totaux.

3° Ce même sérum additionné d'extrait splénique se comporte comme le sérum des chiens normaux, avec cette différence que les lipoïdes totaux ainsi que les acides gras n'y diminuent pas.

Toutes ces expériences mettent bien en relief l'importance de tout premier ordre de la rate au point de vue du métabolisme des graisses et en particulier de la cholestérinémie. La fonction cholestérogénique de la rate nous paraît démontrée.

ENTOMOLOGIE. — *Sur le mimétisme homotypique chez quelques Sauterelles Phanéroptérides de l'Amérique tropicale.* Note ([1]) de M. **P. Vignon**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dans les cas, toujours rares, où le mimétisme par homochromie monte à l'homotypie, il faut préciser d'abord le caractère de la simulation, en vue de la comparaison à faire, quand il se pourra, avec l'objet copié; puis il faut observer comment l'imitation change d'une espèce à la voisine, et mettre enfin en lumière un certain développement logique de la copie, qui nous est montré parfois d'un individu à l'autre, dans l'espèce. Nous poursuivons cette étude chez les Sauterelles-feuilles Ptérochrozées ([2]). Quelques Sauterelles Phanéroptérides des Guyanes et du Brésil mettent aussi sur l'élytre des simulations foliaires étonnantes, bien que sans copier les nervures mêmes de la feuille, ce que les Ptérochrozées sont seules à faire.

Pycnopalpa bicordata Serville est connue depuis 1825 pour les deux plaques rongées de ses élytres. Ajoutons que le corps y prend un aspect de putréfaction, brun foncé, ou de moisissure, pâle et grisâtre. Cela dit, une

([1]) Séance du 19 mai 1924.

([2]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1348, et plusieurs Notes récentes dans le *Bulletin du Muséum*, t. 28, 1922, p. 523; t. 29, 1923, p. 435, 515, 570.

tache, signalée déjà à la base de l'élytre, va revêtir un sens très net : elle simule l'extension, à l'élytre, de l'altération du corps. Elle se borde encore d'un ton plus sombre, délavé, qui mime l'invasion de la pseudo-nécrose *animale;* au point où le fémur postérieur, qui se projette sur elle, et qui est du même ton, en croise le bord, il répète ce liséré sombre. Quant aux deux plaques rongées, ce sont des pseudo-altérations *foliaires* cette fois, et qui copient des mines sous-cuticulaires de Chenilles. La tache différencie un bord rouillé, pseudo-subérifié, très précis; elle garde à son intérieur des vestiges de nervures sous forme de tractus bruns; les intervalles sont vitreux, tant du fait de la décoloration que de l'élargissement soudain des aréoles : c'est donc très dessiné et très construit. Le dépassant d'aile est du ton de l'élytre; pourtant la membrane incolore et vitreuse de l'aile y pénètre quelque peu, finissant contre une médiocre marque noirâtre : ici le sens de ces particularités n'apparaît pas encore, ce sera pour l'espèce suivante.

Pycnopalpa angusticordata mihi nuance et détaille la pseudo-putréfaction. Tandis que la tête, et la selle du pronotum, sont comme décolorées, le reste du thorax est très brun, mais l'abdomen redevient brusquement assez clair; alors le prolongement ventral de la tache de base de l'élytre se fait soudain vitreux, pour ne pas trancher sur l'abdomen qu'il recouvre en partie, tandis que la base même de l'élytre a le ton foncé du thorax, qu'elle prolonge. Les taches rongées d'élytre ont bien changé. Ni bords, ni tractus bruns. La plaque, plus grande et d'une autre forme, est glauque, semi-transparente, avec des détails encore inexplicables. Et la tache distale met dans son bout inférieur une masse irrégulière de pseudo-excréments noirs, conformément aux habitudes de la Chenille de *Nepticula plagicolella*, par exemple. Le dépassant d'aile a évolué dans un même sens : la marque noire a grossi beaucoup et a pris à son tour un aspect d'excréments, si bien que, de concert avec elle, la partie visible de la membrane vitreuse d'aile donne maintenant au dépassant la signification d'une feuille de dessous, avec plaque rongée et habitée, comme à l'élytre. On voit que par rapport à l'autre espèce il y a, pour le mimétisme, progrès et transformation tout ensemble : l'étude purement morphologique mènerait à la même conclusion.

Notre exemplaire ♂ de *Cœlophyllum insigne* mihi, dont l'élytre ressemble à une foliole verte d'acacia, y met une plaque rongée sans rivale jusqu'ici : longue de 23^{mm}, large de 6^{mm}, lobée irrégulièrement, elle est toute bordée d'un liseré pseudo-subérifié brun, comme établi par la feuille pour sa défense, et qu'un bref dégradé jaunâtre relie au parenchyme intact; les

fines nervures, que la soi-disant Chenille a respectées, y sont comme oxydées, en moins brun que le bord; les aréoles, semi-transparentes, sont d'un testacé pâle. Sur l'élytre gauche, le bout de la tache fait un îlot, ce qui pourrait avoir sa signification, comme on va voir. Cette simulation est, en soi déjà, remarquable : mais ce qui en enrichit encore le sens, c'est que notre exemplaire ♀ n'exhibe, lui, qu'une ébauche de la plaque, sous forme de deux points initiaux écartés l'un de l'autre. Ces quatre points des deux élytres sont de tailles un peu différentes, l'un d'eux commençant à peine à se creuser de tissu pâle. Deux ou trois points complémentaires sont, plus encore, à leur début. Nous assistons donc bien, chez ces bêtes, à l'une des représentations des phases logiques, comme orthogénétiques, du développement, sur quoi nous attirions l'attention tout à l'heure. Les Ptérochrozes nous ont d'ailleurs habitués à ce que des taches pseudo-cryptogamiques y soient parfois, sur l'un et l'autre élytre, à des stades différents; et c'est pourquoi l'îlot séparé de notre ♂ pourrait simuler une avant-dernière phase de la constitution de la grande plaque.

Il faudrait multiplier ces recherches. Il faudrait se demander sur place si le simulateur ne met pas plus ou moins du sien dans les effets qu'il réalise, ou s'il copie servilement. Mais dès maintenant on voit quel intérêt peut revêtir l'examen de ce que nous appellerions les sommets du mimétisme. A prendre la chose ainsi, le fait même qu'il y ait copie n'est pas niable. Sûrement aussi les bornes strictes de l'utile sont dépassées; il y a, comme disait Brünner, « hypertélie ». Et comme tout ce décor imitatif est spécifique, il contribue à prouver combien, en biologie, la systématique est nécessaire.

BIOLOGIE. — *De la fécondation artificielle des Mammifères et des Oiseaux.* Note (1) de M. **Élie Iwanow**, présentée par M. Roux.

Avant nos recherches, on ne connaissait chez les Mammifères que la fécondation artificielle par le sperme naturel, c'est-à-dire par l'ensemble des spermatozoïdes et des sécrétions des glandes sexuelles annexes, qui fut pour la première fois pratiqué par Spallanzani. Nous avons démontré sur toute une série d'animaux que les spermatozoïdes des Mammifères, obtenus de l'épididyme testis et introduits dans une solution favorable au maintien de leur vitalité (solution physiologique, solution de Lock, de Ringer, etc.), remplissent avec succès leurs fonctions. La progéniture ainsi obtenue ne se distingue en rien de celle obtenue normalement. Cette méthode de la fécondation

(1) Séance du 12 mai 1924.

par le « sperme artificiel » trouva une application étendue dans la pratique du laboratoire sur les petits animaux (lapins, cobayes) et permit de produire une fécondation artificielle avec les spermatozoïdes de mâles morts (même 26 heures après la mort).

Nous avons appliqué cette même méthode avec succès aux oiseaux, et les poussins ainsi obtenus ne se distinguaient en rien des poussins ordinaires. Les deux méthodes ont été appliquées dans le laboratoire, ainsi que dans la pratique zootechnique. Pour étudier la composition physico-chimique du sperme des Mammifères, il était indispensable d'obtenir une quantité suffisante de sperme des animaux. Le sperme est recueilli sur une éponge très tendre et stérilisée introduite avant le coït dans le vagin de la femelle. Après la copulation l'éponge est pressée et le sperme est injecté à l'aide de la seringue et du cateter dans le vagin ou le col de l'utérus d'autres femelles. Par cette méthode nous avons facilement obtenu le sperme non seulement d'animaux domestiques, mais aussi d'animaux sauvages (zèbres, chevaux de Prjevalsky, bisons, aurochs). La quantité du liquide séminal recueilli chez l'étalon est en moyenne de 100^{cm^3} et atteint quelquefois 300^{cm}. La dose moyenne d'injection est de 10^{cm^3}.

Les premiers travaux sur l'analyse chimique du sperme de cheval et de chien furent faits dans notre laboratoire (Slovtzoff). C'est ici que furent déterminés, pour la première fois, le poids spécifique (1051 pour le chien, 1054 pour l'âne), le point de congélation (0,59 pour le chien, 0,59 pour le cheval), la conductivité électrique du sperme de cheval (1161.10^{-5}) et de chien (1452.10^{-5}), et que furent donnés les caractères du sperme d'une série d'animaux (cheval, zèbre, zébroïdes, ânes, gros et menus bétails, *Bison americanus*, *Bison europæus* et leurs hybrides avec le bétail domestique, ainsi que du sperme de chien, de renard, de lapin).

Les sécrétions des glandes sexuelles et des glandes sexuelles annexes passent dans l'urètre et sont éjaculées non pas simultanément, mais dans une succession déterminée — d'abord celles des glandes de Littre, ensuite celles de Cowper, puis celles de la prostate ensemble avec la masse spermatique et la sécrétion des vésicules séminales achevant généralement l'éjaculation. La sécrétion de la glande prostatique suscite dans les spermatozoïdes le maximum de motilité, mais abaisse considérablement la durée de la vie des spermatozoïdes qui peuvent vivre, en dehors de la sécrétion prostatique, de 10 à 12 jours et même jusqu'à 30 jours, à la température de 1-2° C., et non à la température du corps, comme on l'a pensé autrefois. Les spermatozoïdes ne subsistent ordinairement que quelques heures dans les sécrétions des glandes sexuelles annexes. Dans la sécrétion prostatique bouillie les spermatozoïdes se comportent comme dans une solution saline.

Nous avons trouvé dans le sperme du chien des ferments, tels que la phénolase, de la peroxydase, de la catalase, ainsi que de la trypsine, de l'antitrypsine; l'amylase, la lipase, la pepsine, l'érepsine et la nucléase étaient absentes.

Les spermatozoïdes des Mammifères, très sensibles aux antiseptiques et

aux acides, sont comparativement très résistants à l'alcool éthylique. Une progéniture normalement développée, viable et féconde, a été obtenue par nous au moyen de la fécondation artificielle avec un sperme contenant de 0,5-10 pour 100 d'alcool. De même les spermatozoïdes du lapin et du chien, non seulement restent mobiles dans un sperme auquel on ajoute 0,5 pour 100 d'atoxyl, mais conservent leur faculté fécondante. L'addition du sperme de chien de 0,1 pour 100 d'arsol n'exerce, pendant une heure, aucune influence appréciable sur l'énergie des mouvements des spermatozoïdes. Sur 10 lapines fécondées par le sperme artificiel contenant jusqu'à 0,01 pour 100 d'arseminol, cinq ont donné une progéniture normale et parfaitement viable. Cette observation ouvre la voie à une chimio-thérapie du sperme, car l'agent de la dourine, *Trypanosoma equiperdum*, fléau de l'élevage des chevaux, perd, dans les mêmes conditions, au bout de 10 à 15 minutes son pouvoir infectant (1).

Les spermatozoïdes peuvent provoquer des conceptions, dans un milieu contenant la toxine et l'antitoxine diphtérique. L'action du radium fait perdre aux spermatozoïdes leur pouvoir fécondant, bien qu'ils puissent conserver une mobilité très vive.

La fécondation artificielle a été appliquée par nous à l'hybridation de certains animaux, croisement du cheval avec le zèbre et *Equus Prjevalsky*, et dans les recherches sur fertilité des hybrides de *Bison americanus* et de *Bison bonasus* avec les bêtes à cornes (*Bos taurus*). Dans le domaine pratique notre méthode permet non seulement de combattre la stérilité opiniâtre de certaines femelles de prix, mais aussi d'augmenter considérablement le nombre de femelles fécondées par un seul mâle au cours d'une saison de reproduction (300 à 400 au lieu de 30 à 40). En Russie, après avoir été pendant 5 ans étudiée expérimentalement sur plus de 500 chevaux (sans compter les différents animaux de laboratoire), notre méthode a été appliquée depuis 1909 aux stations de monte et dans les haras (2). Depuis cette époque, pas moins de 8000 juments ont été artificiellement fécondées. Le nombre insuffisant de producteurs de valeur (dont le défaut se fait sentir d'une façon aiguë) a fait que cette méthode est adoptée par l'État comme une mesure générale d'amélioration et d'augmentation numérique de la race chevaline.

(1) E. Iwanow, *Experim. on the desinfection of Sperm in mammals, especially in relation to dourine in horses* (*Parasitology*, vol. 15, n° 2, 1923, p. 122-127).

(2) E. Iwanow, *On the use of artificial insemination for zootechnical purposes in Russia* (*The Journal of agricultural science*, vol. 12, Part III, 1922, p. 244-256).

La fécondation artificielle a été aussi appliquée avec succès par nous sur le bétail à cornes (vaches, brebis) et sur les truies, mais au point de vue expérimental surtout et par nos élèves pour obtenir des mulets, de gros ânes. Nous avons aussi employé cette méthode, avant la guerre, dans les fermes d'élevage de renards noirs et argentés (1).

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'odeur des cultures pyocyaniques.* Note de M. C. **Gessard**, présentée par M. Roux.

Les cultures de bacilles pyocyaniques ont en général une odeur caractéristique. Elle apparaît peu de temps après l'ensemencement dans nos milieux les plus usuels, qui sont aussi les plus complexes : le bouillon, l'eau peptonée. C'est, dans ces conditions de culture artificielles, avec une suavité plus grande, l'odeur qu'on a connue d'abord dans les circonstances naturelles où le microbe se manifeste : cas de pansements bleus. Dès l'observation de ces cas, la corrélation de la couleur et de l'odeur est notion acquise. Elle fait maintes fois, sur l'odeur du pansement, pronostiquer la coloration bleue encore cachée sous les linges. Elle est consacrée par la connaissance de la cause véritable et unique des deux phénomènes.

Cependant j'ai constaté que des germes, aussi bien des pyocyaniques que des pyocyanoïdes, donnent des cultures sans odeur. Le bouillon (simple décoction de viande) permet d'établir cette différence entre les germes. L'eau peptonée (peptone pancréatique) a une action plus banale et peut faire produire l'odeur par des germes qui défaillent à cet égard dans le bouillon. Rappelons en passant que la production de la pyocyanine montre souvent la même opposition entre ces deux milieux. C'est pourquoi j'ai rapporté aux races, divisions de l'espèce pyocyanique d'après la réaction pigmentaire en bouillon, la subdivision, fondée sur la propriété de donner ou ne pas donner d'odeur dans ce bouillon, en les sous-races : odorante et dénuée d'odeur (2).

J'ai cherché, en vue de la production de l'odeur par les germes appropriés, ce que j'ai obtenu, anciennement déjà, pour la production de certains

---

(1) E. Iwanow, *The application of artificial insemination in the breeding of silver and black foxes* (*The Veterinary Journal*, mai 1923, p. 164-173).

(2) *Sous-races des bacilles pyocyanoïdes* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 414).

de leurs pigments [1]. C'est l'élément capable d'assurer la pleine réalisation du phénomène par son mélange aux milieux originairement les moins propres à cet effet. Je n'ai pu employer, pour cette recherche, le milieu synthétique où j'ai étudié jadis la valeur chromogène de divers éléments [2]. Le succinate d'ammoniaque, qui est le principe essentiel de ce milieu, par ailleurs minéral de ses sels phosphaté, magnésien et calcique, offre déjà une production d'odeur assez irrégulière. Il en est de même des autres sels ammoniacaux organiques, à qui emprunter l'azote et le carbone nécessaires dans le complexe minéral. J'ai trouvé de meilleur usage le produit de la décoction de graines de Lupin blanc, *Lupinus albus* L. De l'odeur, à vrai dire, s'y fait aussi sentir, mais c'est toujours tardivement, par le vieillissement des cultures, et comme en aboutissement d'une transformation en rapport avec le développement abondant des microbes. Il y a en tout cas, de ce fait, un délai suffisant pour que ressorte, en contraste avec cette inertie prolongée du milieu ensemencé sans plus, l'effet précoce d'un élément osmogène qu'on aura ajouté à ce milieu. Les sels ammoniacaux organiques n'y obtiennent pas un meilleur résultat que dans le milieu synthétique ci-dessus mentionné. M'inspirant alors de la supériorité d'action que j'ai reconnue à la peptone pancréatique, j'ai expérimenté les acides aminés, qui entrent pour une grande part dans la composition de cette peptone. Ainsi ont été essayés, aux titres variés de $\frac{1}{100}$ et $\frac{1}{1000}$ dans le décocté de Lupin, les produits suivants :

Glycocolle, alanine, leucine, acides aspartique et glutamique, arginine, lysine, histidine, cystine, tyrosine, phénylalanine, proline, tryptophane.

A l'exception du dernier, ces produits s'assimilent aux sels ammoniacaux organiques par le rendement d'odeur incertain, faible ou tardif.

Au contraire le tryptophane, acide β-indol-α-amino-propionique, détermine régulièrement, dans le moindre temps et sous la moindre dose, la production d'une odeur très comparable, sinon identique, à celle que nous obtenons de la culture dans nos milieux usuels. Un millième dans l'eau de lupin rend la culture odorante en 24 heures ; un dix-millième, en 48 heures. L'odeur croît avec le temps ; à temps égal, avec la quantité de tryptophane. Mis dans le milieu synthétique à la même dose que le succinate d'ammoniaque, soit un deux-centième, le tryptophane y fait

---

(1) *Annales Institut Pasteur*, t. 6, 1892, p. 801 ; t. 15, 1901, p. 817 ; t. 16, 1902, p. 313. — *Comptes rendus Soc. de Biologie*, t. 50, 1898, p. 1033. — *Bulletin Médical*, t. 13, 8 juillet 1899, p. 649.

(2) *Loc. cit.*

sentir, dans les délais susdits, l'odeur, qui n'y survient autrement que bien plus tard. Sous la même dose dans le complexe minéral, et constituant dès lors le seul élément organique, il fournit une culture, moins riche à certains égards, mais, ce qui importe, ayant bien l'odeur, par quoi l'acide aminé est directement mis en cause.

En résumé, la propriété de donner des cultures odorantes est contingente, comme tant de propriétés des microbes en général, du bacille pyocyanique en particulier. Des germes pyocyaniques en sont dépourvus. Ceux qui la possèdent la manifestent dans tous les milieux, en des temps variables, selon que le milieu recèle d'abord ou qu'il acquiert, d'élaboration du microbe, les conditions favorables à la production de l'odeur. Ces conditions se trouvent à point nommé dans nos milieux complexes pour le succès rapide de cultures odorantes en bouillon et en eau peptonée. Sans rien préjuger, pour l'instant, de ces conditions, non plus que de la nature des éléments qui interviennent dans ces milieux encore empiriques, je conclurai de mes expériences que le tryptophane est l'élément de choix pour rendre, de la façon la plus approchée et suivant un déterminisme rigoureux, le phénomène odorant naturel. Et ce ne peut être chose indifférente pour l'étude ultérieure de l'odeur pyocyanique et de son principe, qu'un produit bien défini existe, qui, en milieu également défini et dans le temps le plus court, fait sûrement produire une odeur très analogue par le germe de type normal de l'espèce pyocyanique.

A $16^h 15^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place vacante dans la Division des Applications de la science à l'industrie par le décès de M. *Maurice Leblanc*, présente, par l'organe de M. le Président de l'Académie, la liste suivante :

En première ligne . . . . M. **Charles Rabut.**

En seconde ligne, ex æquo, par ordre alphabétique . . . . MM. **Paul Boucherot, Ernest Fourneau, Léon Guillet, Jean Rey.**

L'Académie ajoute à cette liste le nom de M. **Louis Breguet.**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17^h45^m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 12 mai 1924.)

Note de M. *Paul Flamant*, Sur la forme des solutions d'une équation différentielle fonctionnelle :

Page 1596, ligne 28, *au lieu de* $f(x) = \varphi(x) \log x$, *lire* $f(x) = \varphi(x) + \psi(x) \log x$; ligne 29, *au lieu de* où $\varphi(x)$ désigne, *lire* où $\psi(x)$ désigne.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 JUIN 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de la Pentecôte la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 10 juin prochain au lieu du lundi 9.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Autoxydation et action antioxygène. Propriétés catalytiques du soufre et de ses composés* (IX). Note [1] de MM. **Charles Moureu** et **Charles Dufraisse.**

D'après la théorie que nous avons conçue pour interpréter la catalyse de l'autoxydation et de l'action antioxygène, les propriétés catalytiques d'une substance sont liées à son oxydabilité. C'est pourquoi nous étudions, du point de vue de cette catalyse, toutes sortes de corps oxydables [2] ; nous espérons réussir ainsi à asseoir notre théorie sur des bases solides, à la perfectionner et à la développer, ce qui nous permettra sans doute, grâce à la connaissance de plus en plus précise des conditions du phénomène, de déterminer les modalités de l'action catalytique et le sens de la catalyse.

Après l'iode et ses composés, auxquels nous avions tout d'abord pensé [l'explication en a été donnée précédemment [3]], la catégorité de corps qui devait évidemment attirer le plus notre attention était celle du soufre, pour

---

(1) Séance du 26 mai 1924.

(2) Il est intéressant de signaler à ce propos une remarque de Mittra et Dhar (*Zeit. f. anorg. Ch.*, t. 122, 1922, p. 146), qui ont observé que, dans les réactions d'oxydation, il n'y a catalyse négative que si le catalyseur est lui-même facilement oxydable.

(3) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 624 et 797; t. 178, 1924, p. 824.

de multiples raisons : 1° les dérivés sont très nombreux et variés, tant en Chimie organique qu'en Chimie minérale; 2° il y a une gamme d'oxydabilité fort étendue, où s'échelonnent des corps appartenant aux séries les plus diverses, dont il en est qui s'oxydent énergiquement à l'air, tandis que d'autres résistent même à l'action des réactifs oxydants; 3° il existe, dans beaucoup de séries, de nombreux dérivés où le soufre est à différents degrés

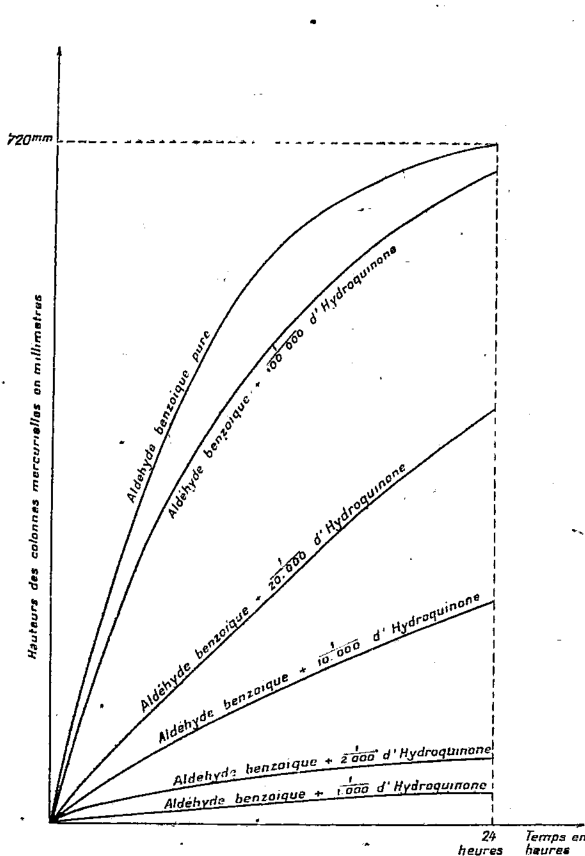


Fig. 1.

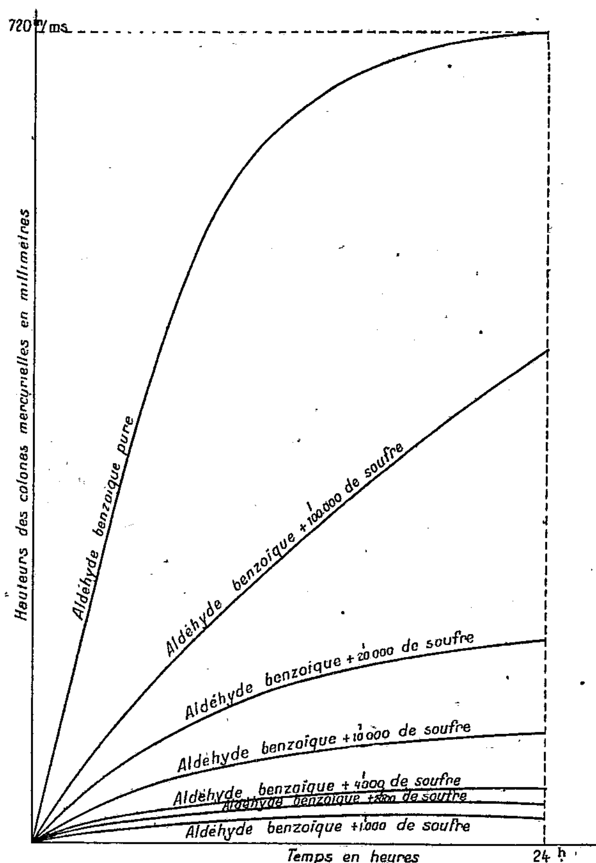


Fig. 2.

d'oxydation, la partie oxydable de la molécule étant de plus en plus oxydée; 4° on connaît toute l'importance biologique du soufre au regard des phénomènes d'oxydation.

Nous avons en cours d'expérimentation de très nombreuses observations. Et nous sommes en mesure d'annoncer qu'effectivement, comme nous l'avions prévu, les composés du soufre ont, vis-à-vis des phénomènes d'au-

toxydation, des propriétés catalytiques d'une grande importance. Le soufre lui-même, chose peut-être un peu inattendue, se comporte parfois comme un catalyseur remarquable. C'est ainsi qu'opposé (sous forme de soufre lavé) à l'aldéhyde benzoïque, il se comporte comme un antioxygène au moins aussi actif que l'hydroquinone, comme on peut en juger par les courbes ci-contre :

On voit que les deux graphiques sont tout à fait analogues. Il est remarquable de voir le soufre, qui à la température ordinaire est un corps peu réactif, manifester ici une activité aussi considérable.

Phénomènes catalytiques divers. — Étant donnés les larges emplois des composés du soufre et leur activité, il est à présumer que les observations d'actions catalytiques de ces substances, accélératrices ou retardatrices suivant les cas, ont dû être assez fréquentes. Nous en avons déjà relevé dans la bibliographie un certain nombre, auxquelles d'autres viendront sans doute s'ajouter ultérieurement. Les voici :

Phosphore. — Berthollet fait, en 1897, la curieuse remarque que des traces de vapeurs sulfurées empêchent l'oxyluminescence du phosphore.

Gaz tonnant. — Davy observe, en 1817, que de petites quantités d'hydrogène sulfuré empêchent l'inflammation du gaz tonnant.

Composés sulfurés. — Delépine a montré que divers composés sulfurés luminescents peuvent être leurs propres antioxygènes (1922).

Sels d'étain. — D'après Young (1901), le soufre et l'hydrogène sulfuré exercent des actions catalytiques positives dans l'autoxydation des sels stanneux.

D'après la *Società anonima cooperativa* (1904), la thiourée et ses sels exercent, au contraire, des actions catalytiques négatives dans l'autoxydation des soieries chargées au sel d'étain [voir aussi, pour la même question, G. Gianoli (1911) et P. Sisley (1911)].

Ewald Herzog (1909) fait des observations analogues avec l'hyposulfite.

Otto Meister (1910) utilise pour le même but les combinaisons bisulfitiques des aldéhydes.

Caoutchouc. — A. Helbronner (1919) empêche l'oxydation du caoutchouc pendant la vulcanisation, en lui incorporant de l'hydrosulfite ou des sulfites.

Corps gras. — P. Sisley a indiqué que l'acétylthiourée empêche le rancissement des corps gras.

Alcaloïdes. — Richard et Malmy (1921) ont constaté que l'acide sulfureux stabilisait les solutions d'adrénaline ([1]).

Sulfite de sodium. — D'après Mittra et Dhar (1922), l'hyposulfite de soude retarde l'autoxydation du sulfite de soude.

Paraffine. — H. Siebeneck (1922) a observé que des traces de soufre empêchaient toute oxydation de la paraffine par l'oxygène libre à la température de 135°.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Enregistrement de l'onde de la Courtine à l'Observatoire de Meudon. Deuxième et troisième explosions.* Note ([2]) de M. **H. Deslandres**.

L'enregistrement de la première explosion du 15 mai a été présenté dans la séance précédente ([3]). Nous donnons aujourd'hui un résumé bref des observations faites à Meudon, sous la direction de M. Perot, le 23 mai avec la deuxième explosion et le 25 mai avec la troisième.

Les appareils employés ont été le microphone enregistreur du repérage par le son (T. M. 1916), déjà utilisé pour la première explosion, et deux dispositifs à flamme améliorés. Mais le vent était SSW et notable; sa direction était à peu près celle de l'onde de la Courtine. Les conditions ont été moins favorables pour la deuxième explosion et encore moins favorables pour la troisième.

Le microphone qui, lors de la première explosion, était sur un toit en terre, a été placé dans une cabane en bois à double paroi, dont la porte, maintenue ouverte est sur le côté Sud. Même on a été conduit à fermer l'ouverture de la porte par une pièce de calicot posée sur les bords, ce qui supprime toute action du vent sur le microphone.

Une expérience préliminaire avait d'ailleurs montré que le calicot n'arrête pas l'onde due à une petite capsule de fulminate que l'on fait exploser dans l'air à 50 mètres; le crochet qui en résulte sur le papier enfumé est seulement deux fois moins haut que lorsque le calicot est enlevé.

([1]) Il y a tout lieu de supposer, ce que les auteurs ne disent pas, qu'il s'agit d'une action antioxygène.

Nous ferons la même remarque à propos des intéressantes observations de Bridel sur la conservation des solutions de divers alcaloïdes par le bisulfite de soude (1923).

([2]) Séance du 26 mai 1924.

([3]) *Comptes rendus* t. 178, 1924, p. 1647.

Deux dispositifs à flamme ont été installés l'un dans la cabane, et l'autre dans l'équatorial Eichens dont la trappe était ouverte.

Le 23 mai, le microphone a enregistré trois trains d'onde aux heures suivantes, relevées par Baldet :

Premier train	$20^h 16^m 35^s,2$ à $36^s,0$
Deuxième train	$20^h 16^m 36^s,3$ à $37^s,2$
Troisième train	$20^h 16^m 37^s,5$ à $38^s,4$

Ces ondes sont dues à l'explosion de la Courtine ; car, dans les dix minutes qui précèdent et dans les dix minutes qui suivent, le tracé du microphone est absolument rectiligne et ne montre aucune déviation par le vent.

Au même moment, Burson, qui opérait à l'équatorial de Eichens avec un bidon de 10 litres à flammes, a noté à $20^h 16^m 34^s$ une oscillation spéciale de la flamme (dépression suivie d'une surpression), laquelle a duré de 1,5 à 2 secondes.

— Le 25 mai, le vent était plus fort. Les appareils employés ont été les mêmes, avec cette différence que la bande de calicot, dans l'ouverture de la porte, avait été remplacée par un store un peu ajouré, dans le but de mieux déterminer la pression de l'air au passage de l'onde, pression qui nous était demandée par M. Vieille, inspecteur général des Poudres.

Le microphone a encore enregistré trois trains d'onde comparables aux précédents; mais on ne peut les séparer nettement des déviations imposées par le vent. Mêmes résultats avec les appareils à flammes.

Ces observations seront présentées, avec tous les détails utiles, dans un Mémoire ultérieur.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Retentissement de la composition minérale du milieu nutritif sur la structure du* Sterigmatocystis nigra. Note de M. **Molliard.**

J'ai montré dans une série de Notes antérieures combien la physiologie du *Sterigmatocystis nigra* était influencée par l'aliment minéral et comment en particulier le sucre offert au Champignon était oxydé de façons variées lorsque certains des éléments nécessaires au développement de l'organisme venaient à être réduits dans de notables proportions par rapport à l'aliment organique. Il n'est pas sans intérêt de signaler que, parallèlement à ces

modifications d'ordre chimique, il apparaît dans le mycélium des caractères morphologiques très spéciaux chaque fois que le milieu minéral subit un déséquilibre; je me contenterai de rapporter ici ce qu'on observe à cet égard quand on vient à diminuer notablement le soufre ou le potassium.

Considérons une culture où l'on n'introduit que le $\frac{1}{100}$ de la dose optima de soufre et pour laquelle le milieu nutritif B a la composition suivante, comparée à celle du milieu normal A :

	Milieu A.	Milieu B.
Eau	1000^{cm^3}	1000^{cm^3}
Saccharose	93^g	93^g
AzO^3AzH^4	3,563	3,563
PO^4KH^2	0,946	0,946
$SO^4Mg + H^2O$	0,406	0,004
$MgCl^2 + H^2O$	»	0,486
$SO^4Fe + H^2O$	0,047	»
$SO^4Zn + H^2O$	0,047	»
Fe^2Cl^6	»	0,027
$ZnCl^2$	»	0,022

La croissance est très ralentie dans le liquide B et ce n'est qu'au bout de 60 jours que tout le sucre est utilisé; il se forme un peu d'acide citrique dans le liquide et la disparition inégale des deux constituants du sucre interverti s'opère d'une manière contraire à ce qui se passe généralement; c'est ici le lévulose qui est le plus rapidement utilisé, ce qu'indique la valeur positive du pouvoir rotatoire de l'ensemble des sucres restants.

Le mycélium présente un aspect très particulier; il constitue une masse souple, très épaisse, de consistance muqueuse; il est difficile d'en exprimer le liquide interposé; rappelons que le mycélium développé sur le liquide normal est, dans sa période de croissance, relativement mince, compact et cassant. Ces différences s'expliquent par la disposition des filaments mycéliens dans les deux cas; alors que dans une culture normale les hyphes sont très serrées les unes contre les autres et arrivent à former un faux tissu dépourvu d'espaces libres, les filaments développés en inanition de soufre et qui présentent un diamètre plus faible, restent très écartés les uns des autres; il se constitue ainsi un feutrage très lâche, lacunaire, dans lequel reste incluse une bonne partie du liquide nutritif.

Ce n'est plus seulement la disposition des filaments mycéliens, c'est encore leur forme même qui se trouve profondément modifiée dans le cas où la réduction porte sur le potassium; si l'on n'introduit dans le liquide que le $\frac{1}{100}$ de la dose ordinaire de phosphate monopotassique, et qu'on laisse

constante la quantité de phosphore par l'addition de phosphate disodique on obtient, nous avons déjà eu l'occasion de le signaler, un mycélium assez compact, mais restant indéfiniment stérile. Un examen histologique montre que les filaments présentent des renflements vésiculaires très particuliers, aboutissant à la formation d'éléments sphériques, volumineux, leur diamètre pouvant être 4 ou 5 fois plus considérable que le diamètre transversal des hyphes normales.

L'attention a été attirée à plusieurs reprises sur ces cellules géantes qu'on a tout d'abord observées dans des cultures âgées et qu'on a rapportées ensuite à l'action de l'acidité du milieu; en fait, il est facile de les faire apparaître en acidulant le liquide nutritif avec de l'acide chlorhydrique par exemple. On pouvait par suite penser que l'introduction de phosphate disodique dans le milieu de culture, destinée à rétablir la quantité normale de phosphore, était suffisante pour expliquer l'allure des cultures envisagées; mais si l'on fait se développer le Champignon sur le liquide nutritif normal additionné de la même quantité de phosphate disodique, on obtient pour le mycélium les caractères normaux; c'est donc bien l'inanition en potassium qui intervient et non l'acidité du milieu de culture, qui est d'ailleurs assez faible.

Remarquons d'autre part qu'une acidité suffisante provoque un autre phénomène qui est également réalisé par une inanition en potassium : il s'agit de la stérilité du mycélium; au point de vue morphogénique, qu'il s'agisse de la formation des conidies ou de la constitution des cellules géantes, on arrive donc à réaliser la même allure pour le mycélium du *Sterigmatocystis nigra* soit en rendant le milieu acide, soit en diminuant notablement la dose de potassium; si l'on rapproche de ce fait celui que j'ai mis en évidence antérieurement et qui consiste en ce que les cendres du Champignon s'appauvrissent en potassium lorsque l'acidité libre est assez grande, il est permis de conclure qu'en ce qui concerne les deux ordres de modifications morphologiques envisagés c'est l'inanition en potassium qui apparaît comme étant la cause la plus directe.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la chaleur de vaporisation du carbone.* Note (¹) de M. DE FORCRAND.

Il y a longtemps déjà que M. Berthelot faisait remarquer que la chaleur de vaporisation du carbone devait être très considérable. Il avait même montré qu'elle ne pouvait être inférieure à 42100^{cal} (en petites calories) par molécule-gramme. En fait, si l'on applique à ce cas particulier la relation de Trouton, en admettant $T = 3800°$, on trouve que la chaleur moléculaire de vaporisation du carbone (supposé liquide) atteint environ 80000 petites calories. Il y a près de vingt-cinq ans j'avais déjà insisté sur cette conséquence que le carbone, vu son point d'ébullition très élevé, possède, à la température de l'arc électrique, une dose d'énergie supplémentaire considérable, que par suite l'acétylène est sans doute formé avec dégagement de chaleur (si la molécule de carbone devient monoatomique, ce qui est probable). De même la chaleur de formation de l'oxyde de carbone, à partir de 12^g de carbone gazeux, n'est plus $+29000^{cal}$, mais $+29000+80000$, soit $+109000^{cal}$, et cela seul suffit à expliquer la plupart de nos réactions métallurgiques.

Il est vrai que Nernst a modifié la relation de Trouton et a proposé de lui substituer la formule

$$\frac{L}{T} = 9,5 \log T - 0,007 T,$$

mais j'ai montré (²), en 1913, que cette formule qui s'applique assez bien aux températures basses et moyennes (jusqu'à 600° abs.) ne s'applique plus du tout aux températures élevées; à 3800° on trouverait $\frac{L}{T} = 7,408$ et $L = 28150^{cal}$, et vers 5000° on aurait $\frac{L}{T} = 0$, ce qui est inadmissible.

Aussi j'ai été conduit à cette époque à proposer une nouvelle formule plus compliquée, qui est la suivante :

$$\frac{L}{T} = 10,1 \log T - 1,5 - 0,009 T + 0,0000026 T^2.$$

Elle donne un accord très satisfaisant avec l'expérience depuis le point d'ébullition de l'hélium (4°,25) jusqu'à celui du cuivre : 2583° abs.

(¹) Séance du 26 mai 1924.

(²) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1648.

Quant au point d'ébullition du carbone, les expériences de Violle le fixaient à 3800° abs. environ.

Or ma formule appliquée à cette température donne, par extrapolation : $\frac{L}{T} = 38$ et par suite : $L = 144400^{cal}$ pour une molécule-gramme de carbone, probablement monoatomique, ce qui conduirait, pour la chaleur de formation de l'oxyde de carbone, à $+ 29000 + 144400$, soit $+ 173400^{cal}$.

Cependant, depuis peu d'années, cette question a fait quelques nouveaux progrès et les nombres adoptés soit pour T soit pour L dépassent déjà, en moyenne, cette évaluation de 3800° et de 144400^{cal}.

Les travaux de Lummer (¹) et de Mlle H. Kohn (²), ceux de K. Fajans (³), de van Liempt (⁴), de van Laar (⁵), de J.-P. Wibaut (⁶) conduiraient à des valeurs de 168000, 163500, 287000, 165000, 216000, 140000^{cal} pour L, et pour T à une température dépassant 4000° abs. Plus récemment, Wertenstein et Jedrzejewski (⁷) ont proposé 208350 pour L et 5100° abs. pour T.

En résumé ces valeurs de L et de T ne sont pas encore absolument fixées.

Je crois pourtant que si l'on doit admettre 4190° abs. pour la température d'ébullition sous la pression de 760^{mm}, comme le veut Mlle Kohn, il suffit d'appliquer à cette température la formule rappelée plus haut, que j'ai indiquée en 1913. Cette formule conduit directement à

$$\frac{L}{T} = 43,02 \quad \text{et} \quad L = 180253.$$

Sans doute nous sommes obligés d'extrapoler jusqu'à 4190° alors que la plus haute température ayant servi à établir cette formule est la température d'ébullition du cuivre, soit 2600° abs. environ. Mais comme elle s'applique depuis le point d'ébullition de l'hélium (4°,25), il semble bien que l'on peut attendre de cette extrapolation une évaluation assez satisfaisante.

(¹) LUMMER, *Verflüssigung der Kohle und Herstellung der Sonnentemperatur*, 1914.

(²) H. KOHN, *Z. f. Phys.*, t. 3, 1920, p. 143, et *Journal de Physique*, 6e série, t. 2, 1921, p. 102 D.

(³) K. FAJANS, *Z. f. Phys.*, t. 1, 1920, p. 101.

(⁴) VAN LIEMPT, *Z. anorg. Chem.*, t. 115, 1921, p. 218.

(⁵) VAN LAAR, *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, t. 39, 1920, p. 647.

(⁶) I.-P. WIBAUT, *Ibid.*, t. 41, 1922, p. 96 et 441.

(⁷) WERTENSTEIN et JEDRZEJEWSKI, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 316.

D'autre part, les expériences de Mlle Kohn lui ont permis de construire toute la courbe des tensions de vapeur de 4000° à 4700° abs. Cette courbe est d'ailleurs très régulière, à l'exception peut-être du premier et du dernier point qui semblent un peu trop élevés. Au moyen de cette courbe et en appliquant la formule de Clapeyron elle a trouvé pour L : 163500^{cal} à la température de 4190° abs.

J'ai refait tous ces calculs de 100° en 100°, et obtenu sept valeurs très concordantes pour L, dont la moyenne est 163620^{cal}.

Ainsi d'une part nous trouvons 180253, de l'autre 163620, pour T = 4190° abs., par deux méthodes tout à fait différentes. La moyenne est 171936^{cal}, soit pratiquement 172000^{cal}, avec une approximation qui semble bien être de 5 pour 100 environ. La chaleur de formation de CO à partir de C gaz est donc :

$$+29000+172000, \quad \text{soit} \quad +201000^{cal}.$$

On remarquera combien est grande la valeur du quotient :

$$\frac{L}{T}=43,02,$$

c'est le double de la valeur constatée pour les corps normaux aux températures moyennes (de 200 à 600° abs.). Elle dépasse aussi notablement celle du quotient

$$\frac{L+S}{T}=30 \text{ environ},$$

bien qu'en réalité le terme S soit probablement ici de peu d'importance.

On pourrait en dire autant, mais en sens inverse, de la valeur

$$\frac{L}{T}=4,82,$$

que donne l'hélium pour la température absolue 4°,25. En effet si grande que puisse être la valeur de S pour l'hélium, comme S est toujours notablement plus petit que L, le quotient $\frac{L+S}{T}$ pour l'hélium ne pourra jamais atteindre 30 ni même un nombre voisin de 30.

C'est que, comme il arrive pour le quotient $\frac{L}{T}$, le quotient $\frac{L+S}{T}$ a en réalité une valeur qui dépend de T. Aux températures moyennes (entre 200° abs. et 600° abs. environ), on trouve des valeurs à peu près constantes : 20 à 21 pour le premier, 30 environ pour le second. Mais aux températures

très basses les valeurs baissent jusqu'à 0° vers le zéro absolu, et aux températures très élevées elles augmentent peu à peu au delà de 20 à 21 ou de 30 ([1]).

Et il doit en être encore de même pour les quotients

$$\frac{Q}{T}, \quad \text{ou} \quad \frac{C}{\theta},$$

dont les valeurs n'avoisinent 30 que pour les températures moyennes; elles sont plus faibles aux températures basses, plus grandes aux températures élevées.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un membre de la Division des Applications de la science à l'industrie, en remplacement de M. *Maurice Leblanc*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 61,

M. Charles Rabut	obtient	28 suffrages
M. Léon Guillet	»	12 »
M. Georges Claude	»	9 »
M. Paul Boucherot	»	6 »
M. Louis Breguet	»	5 »
M. Jean Rey	»	1 suffrage

Au second tour de scrutin, le nombre de votants étant 62,

M. Charles Rabut	obtient	34 suffrages
M. Léon Guillet	»	16 »
M. Georges Claude	»	6 »
M. Paul Boucherot	»	2 »
M. Louis Breguet	»	1 suffrage
M. Ernest Fourneau	»	1 »
M. Jean Rey	»	1 »
M. Paul Séjourné	»	1 »

([1]) On remarquera que le quotient $\frac{L}{T}$ passe de 4,82 pour l'hélium à 43,02 pour le carbone, ce qui conduit à une chaleur de volatilisation, rapportée à 1g, de 5 petites calories pour l'hélium, et à 14333 petites calories pour le carbone; le second nombre est près de trois mille fois aussi grand que le premier.

M. Charles Rabut, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. Edmund B. Wilson, élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, adresse des remercîments à l'Académie.

Sir William J. Pope, élu Correspondant pour la Section de Chimie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. Gabriel Guilbert prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Division des Académiciens libres par le décès du Prince *Bonaparte*.

M. René Bourret adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Statique et résistance des matériaux*, par Paul Montel. (Présenté par M. G. Kœnigs.)

2° E. Haudié. *Cours d'électricité générale de l'École navale*. Tome III : *Électrostatique. Courants alternatifs. Ondes électriques et Radiotélégraphie*. (Transmis par M. D. Berthelot.)

3° Charles Janet. *Le Volvox*. Troisième mémoire : *Ontogénèse de la blastéa volvocéenne*. Première partie. (Présenté par M. L. Mangin.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Taylor prolongeables.* Note de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. Hadamard.

Je veux d'abord démontrer le théorème suivant :

Soit $\Sigma a_n x^n$ une série de rayon de convergence un et qui peut être prolongée au delà de ce cercle. En annulant une infinité quelconque de coefficients a_{n_i}, satisfaisant à la condition $\overline{\lim}\sqrt[n_i]{|a_{n_i}|} = 1$ on obtient une série qui admet au moins deux points singuliers dans tout le plan.

On peut au contraire former des séries admettant le cercle de convergence comme coupure et qui n'ont qu'un seul point singulier quand on effectue cette annulation. Pour la démonstration il faut démontrer les lemmes suivants :

Lemme I. — *Soit λ_n une suite de nombres complexes satisfaisant à la condition telle que les cercles $|x - \lambda_n| = 1$ soient extérieurs les uns aux autres, et soit d'autre part K_n une suite de nombres entiers positifs;*

On peut construire une fonction méromorphe qui soit bornée dans tout le domaine extérieur aux cercles $|x - \lambda_n| = 1$ et sur ses circonférences, et qui admet les points λ_n comme pôles d'ordre K_n.

Cette fonction a des zéros d'affixes λ'_n et d'ordre K_n, les différences $\lambda'_n - \lambda_n$ tendant vers zéro assez rapidement.

Ceci nous permet de démontrer le lemme :

Lemme II. — *Soit $\Sigma a_n x_n$ une série entière dont une infinité de coefficients sont nuls, et qui n'a qu'un seul point singulier dans tout le plan. Soient a_{λ_n} les coefficients non nuls et $a_{\lambda'_n}$ les coefficients nuls, soit d'autre part λ'_{n_i} une suite extraite de la suite λ'_n satisfaisant à la condition*

$$\lim(\lambda'_{n_{i+1}} - \lambda'_{n_i}) = \infty,$$

on peut former une série entière $\Sigma b_n x^n$ qui n'a qu'un seul point singulier dans tout le plan et dont les coefficients d'ordre λ_n et λ'_{n_i} ne s'annulent pas, les autres coefficients étant nuls.

Pour démontrer ce lemme, je me sers d'un théorème de MM. Wigert-Faber et de sa réciproque due à MM. Wigert, Le Roy, Jean Faber, et du lemme I de la Note présente.

Lemme. III. — *λ_n et λ'_n désignant toujours deux ensembles complémentaires d'entiers positifs, si la série $\Sigma a_n x^{\lambda_n}$ a un seul point singulier dans tout le plan,*

toute série $\Sigma b_n x^{\lambda_n}$ avec b_n arbitraires admet le cercle de convergence comme coupure.

Les deux lemmes précédents permettent de profiter de la méthode employée par M. Faber, pour la démonstration d'un cas particulier du théorème Hadamard-Fabry d'un côté et du présent lemme d'autre part, pour démontrer ce lemme lui-même.

La démonstration de notre théorème résulte facilement.

Je tiens maintenant à faire quelques remarques générales pour montrer le fait suivant : l'étude des séries de Taylor qui présentent des lacunes n'est pas une question tout à fait spéciale; ce sont plutôt des séries privilégiées par le fait que les propriétés d'une série susceptible de donner des renseignements sur les singularités de la fonction analytique correspondante y sont exprimées d'une manière plus nette et caractéristique, tout en restant, en quelque sorte, générales.

Dans les séries qui présentent des lacunes il y a une suite d'indices n_i telle que $\lim \sqrt[n_i]{|a_{n_i}|} = 1$ et une autre suite n'_i telle que $\sqrt[n'_i]{|a_{n'_i}|} = 0$.

Si les lacunes sont plus grandes ou plus fréquentes, les singularités de la fonction sont plus compliquées par leur nature ou bien par leur nombre.

Il est assez naturel de dire dans le cas des lacunes que la suite $\sqrt[n]{|a_n|}$ converge irrégulièrement vers 1 (quoiqu'elle ne converge pas du tout). *Les singularités sont d'autant plus compliquées que la suite $\sqrt[n]{|a_n|}$ converge plus irrégulièrement vers 1.*

Mais, même si l'on a $\lim \sqrt[n]{|a_n|} = 1$, *régulièrement*, il peut arriver qu'on puisse diviser les indices en deux classes n_i et n'_i telles que $\sqrt[n_i]{|a_{n_i}|}$ et $\sqrt[n'_i]{|a_{n'_i}|}$ tendent vers 1 *de deux manières différentes*. Il peut, par exemple, exister une fonction $\psi(z)$ croissante telle que

$$\lim \frac{\mathrm{L}\,|a_{n_i}|\,\psi(n_i)}{n_i} = 0,$$

tandis que

$$\lim \frac{\mathrm{L}\,|a_{n_i}|\,\psi(n'_i)}{n'_i} = -\varepsilon < 0.$$

Nos recherches précédentes permettent de prévoir que les singularités seront d'autant plus compliquées que la suite n'_i sera plus vaste.

Donnons un exemple plus précis : soit une série $\Sigma a_n x^n$, où

$$a_{n_i} = \sqrt{n_i} \text{ et } a_{n'_i} = -\delta_{n'_i} \qquad (\delta \text{ positif}),$$

on a

$$\lim \sqrt[n]{|a_n|} = 1 \quad \text{régulièrement.}$$

Mais si l'on forme la série

$$\Sigma b_n x^n = \Sigma l^{a_n} x^n,$$

la nouvelle série a déjà des lacunes, car

$$\lim \frac{L|b_{n_i}|}{n_i} = 0 \qquad \text{et} \qquad \lim \frac{L|b_{n'_i}|}{n'_i} = -\delta;$$

et si la suite n'_i contient tous les multiples d'un nombre premier, la série $\Sigma b_n x^n$ aurait sur le cercle de convergence deux points singuliers au moins (voir mes travaux précédents).

La fonction $\Sigma a_n x^n$ ne peut donc pas avoir comme unique singularité le point d'affixe 1, telle que $(1-x)^k \Sigma a_n x^n$ tend vers zéro avec $(1-x)$ pour $k < 1$ (¹).

Cet exemple, pris au hasard, suffit à justifier nos remarques.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur des transformations des courbes de l'espace associées aux transformations de contact.* Note de M. G. Cerf, présentée par M. Goursat.

Dans l'espace ordinaire, et en mettant à part les transformations ponctuelles, on ne considère généralement que des transformations de surfaces; une courbe est alors envisagée comme une surface dégénérée. Le but de cette Note est de signaler des transformations s'appliquant à toutes les courbes de l'espace, intimement liées aux transformations de contact et d'en indiquer quelques propriétés.

I. Considérons une transformation de contact (T) de l'espace ordinaire qui fait correspondre une figure (F) à une figure (f); les grandes et les petites lettres serviront à désigner respectivement des éléments de (F) et de (f). En général, aux éléments du premier ordre d'une courbe (c), ou (C), (T) fait correspondre les éléments du premier ordre d'une surface (S), ou (s) : (T) transforme une courbe en une surface. On voit très simplement, par un raisonnement direct, que, seules, les transformations ponctuelles transforment une courbe quelconque en une courbe; on sait d'ailleurs, qu'étant donnés deux complexes de courbes, (γ) et (Γ) (satisfai-

(¹) Voir Hadamard, *La série de Taylor et son prolongement analytique*, 1901, p. 72.

sant aux conditions habituelles de cette théorie), il existe toujours une transformation de contact qui transforme une courbe (γ) en une courbe (Γ), et une courbe intégrale de l'équation de Monge associée au premier complexe en une courbe intégrale de l'équation de Monge associée au second.

On peut se demander s'il existe quelque famille de courbes (f), les courbes de la famille issue d'un point remplissant tout l'espace autour de ce point, à laquelle on puisse associer une transformation de contact qui transforme les courbes (f) en courbes (F) jouissant de la même propriété.

Si les courbes (f) dépendent seulement de quatre paramètres, il faut et il suffit qu'elles soient portées par des surfaces (φ) dépendant de trois paramètres, de telle manière que chacune des surfaces (φ) soit couverte par des courbes (f) dépendant de deux paramètres et que l'intersection de deux surfaces (φ) quelconques soit une courbe (f). On en déduit que les courbes (f) se déduisent des droites de l'espace par une transformation ponctuelle arbitraire (θ). La transformation de contact associée est le produit par (θ) de la transformation dualistique la plus générale. C'est la solution banale que l'on prévoyait.

Lorque les courbes (f) dépendent de plus de quatre paramètres, le problème n'est pas possible.

II. On peut, toutefois, associer à toute transformation T définie par une équation directrice, une transformation de toutes les courbes de l'espace. Soient m et M deux points quelconques; posons: $T(m) = \Sigma$, $T^{-1}(M) = \sigma$; les surfaces (Σ) d'une part, les surfaces (σ) d'autre part, forment deux complexes de surfaces. A une courbe (c), T fait correspondre l'enveloppe S des surfaces (Σ') correspondant aux différents points de (c); S est le lieu des caractéristiques Λ situées sur les (Σ'); en général ces Λ ont une enveloppe C, arête de rebroussement de S. Réciproquement à (C) correspond par T une surface (s), enveloppe de surfaces (σ) et lieu de caractéristique (λ) et dont (c) est en général arête de rebroussement. La transformation de courbes que nous avons en vue est celle qui lie (c) et (C). Elle peut être définie aussi de la façon suivante : par chaque point de (c) on peut faire passer une (σ) admettant en ce point avec (c) un contact du deuxième ordre; ces (σ) correspondent par T^{-1} aux différents points de (C); et réciproquement (c) est le lieu des points dont les transformées par T sont les (Σ) admettant un contact du deuxième ordre avec (C).

A deux courbes (c_1) et (c_2) admettant un contact du deuxième ordre, correspondent en général deux courbes (C_1) et (C_2) simplement tangentes.

La transformation que nous venons de définir se trouve en défaut lorsque (c) est portée par une (σ), ou (C) par une (Σ). Les courbes jouissant de cette propriété sont intégrales d'une équation différentielle du troisième ordre à deux fonctions inconnues : θ (ou Θ). Lorsqu'une courbe est intégrale de cette équation, il lui correspond, en général, un point; les équations θ et Θ ne sont pas des équations quelconques du troisième ordre.

Chacune des équations θ ou Θ admet les solutions d'une équation du deuxième ordre (à deux fonctions inconnues), θ' ou Θ'; c'est l'équation des courbes γ ou Γ admettant, en chacun de leurs points, un contact du troisième ordre avec une surface du complexe, (σ ou Σ). Entre les intégrales des équations θ' et Θ' existe une correspondance telle qu'à deux courbes intégrales de l'une des équations admettant en un point commun un contact du deuxième ordre, correspondent deux courbes intégrales de l'autre équation, admettant aussi un contact du deuxième ordre. Une courbe (Γ), par exemple, a en chacun de ses points un contact du deuxième ordre avec les courbes (Λ) dont elle est l'enveloppe et n'est plus une arête de rebroussement sur (S), du moins en général.

Les équations θ' et Θ', qui ne sont pas des équations quelconques du deuxième ordre, admettent chacune une intégrale singulière constituée par une équation de Monge θ'' et Θ'', dont les courbes intégrales se déterminent au moyen de la considération des points singuliers des courbes (λ) et (Λ).

III. Nous laissons de côté les applications géométriques que l'on peut faire des résultats précédents.

On sait que les surfaces (S) qui sont transformées en courbes par T sont intégrales d'une équation aux dérivées partielles du deuxième ordre, (e); (e) admet une intégrale singulière du premier ordre, (e'), dont les surfaces intégrales sont osculatrices aux surfaces du complexe (σ) [1].

Il résulte de ce qui précède que nous avons mis en évidence, parmi les intégrales de (e), une classe de surfaces sans arête de rebroussement apparent analogue à la classe des intégrales d'une équation du premier ordre découvertes par Darboux.

L'équation θ'' est, d'autre part, l'équation de Monge associée à (e'), et il est possible de se servir des résultats que nous avons trouvés pour approfondir les relations entre les solutions générales de (e) et ses solutions singulières.

---

[1] GOURSAT, *Équations du deuxième ordre*, Chap. I; 1896.

On définit une équation (E) analogue à (e); les intégrales de ces deux équations se correspondent dans une transformation d'équations du deuxième ordre, qui n'est pas une transformation de Bäcklund et appartient à une catégorie que j'ai signalée ailleurs.

Des considérations toutes pareilles aux précédentes permettent de définir dans un espace à n dimensions des transformations de multiplicités ponctuelles à moins de $n-1$ dimensions.

MÉCANIQUE. — *Les phénomènes de torsion étudiés à l'aide des équations intégrales de Volterra et Fredholm.* Note de M. **Charles Platrier**, présentée par M. Mesnager.

I. Dans une Note récente [1] M. F. H. Van den Dungen a étudié *a priori* les vibrations propres de torsion à l'aide de la déterminante d'un noyau de Fredholm.

Nous nous proposons de rattacher cette étude à celle [2] de la torsion des arbres de transmission que nous avons exposée antérieurement.

II. Nous avons posé sous la forme suivante le problème de la détermination des amplitudes de torsion sous la sollicitation du jeu de couple extérieur $\left[F(x)\,dx \sin\frac{t}{T}\right]$ appliqué à la tranche x d'épaisseur dx : Trouver l'amplitude de rotation $y(x)$ définie par l'équation différentielle

$$\text{(1)} \qquad \frac{d}{dx}\left[K(x)\frac{dy}{dx}\right]+\frac{I(x)}{T^2}y+F(x)=0,$$

telle que $\left[K\frac{dy}{dx}\right]$ soit nul pour $x=0$ et $x=L$ [$K(x)$ et $I(x)$ sont respectivement pour la tranche x d'épaisseur dx le couple de Coulomb et l'inertie par rapport à l'axe de rotation corrigée selon Barré de Saint-Venant, couple et inertie par unité de longueur].

Nous avons résolu ce problème par une méthode directe en divisant l'arbre en tronçons finis et augmentant leur nombre indéfiniment. Ce faisant nous avons en somme écrit et résolu l'équation de Volterra équivalente à (1) :

$$y(x)=A+A'\int_{x_0}^{x}\frac{ds}{K(s)}-\int_{x_0}^{x}\frac{ds}{K(s)}\int_{x_0}^{s}\left[\frac{I(s_1)}{T^2}y(s_1)+F(s_1)\right]ds$$

(A et A' constantes),

[1] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1685.

[2] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 990, 1143, 1362, 1461, 1601.

c'est-à-dire en posant :

$$H(s, x) = \int_s^x \frac{ds}{K(s)};$$

tenant compte des valeurs de $\left(K\frac{dy}{dx}\right)$ pour $x = 0$ et $x = L$, et choisissant $x_0 = 0$ ou $x_0 = L$,

(2) $$y(x) = A - \int_0^x H(s, x)\left[\frac{I(s)}{T^2}y(s) + F(s)\right]ds \qquad (A \text{ const.})$$

ou

(3) $$y(x) = B + \int_x^l H(s, x)\left[\frac{I(s)}{T^2}y(s) + F(s)\right]ds \qquad (B \text{ const.})$$

avec

(4) $$\int_0^l F(s)\,ds + \int_0^l \frac{I(s)}{T^2}y(s)\,ds = 0.$$

En additionnant (2) et (3), membre à membre, et posant

(5) $$\alpha(s, x) = |H(s, x)|, \qquad C = A + B,$$

on trouve

(6) $$y = \frac{C}{2} - \int_0^L \frac{\alpha(s, x)}{2}\left[\frac{I(s)}{T^2}y(s) + F(s)\right]ds.$$

C'est l'équation intégrale du phénomène sous la forme d'équation de Fredholm indiquée par M. F.-H. Van den Dungen.

III. L'attention est naturellement appelée sur le coefficient $\frac{1}{2}$ qui multiplie le noyau. Montrons directement comment il s'introduit.

Soit $\alpha(s, x)$ la valeur absolue de l'angle dont tourne la tranche x par rapport à la tranche s quand on applique progressivement et lentement en s et x deux couples égaux et contraires, jusqu'à l'équilibre qui correspond à la valeur absolue unitaire pour chacun d'eux; ces deux couples produisent en la tranche t une rotation

$$\frac{\alpha(x, t) - \alpha(s, t)}{2} + \text{const.}$$

En vertu du principe de superposition des états d'équilibre pour les petites déformations, celui de ces états qui correspond au jeu de couple $c(x)\,dx$ appliqué à la tranche x, qui tourne alors de l'angle $\varphi(x)$ est défini par

(7) $$\varphi(x) = C + \int_0^L \frac{\alpha(s, x)}{2}c(s)\,ds \qquad (C \text{ const.}).$$

Dans le cas qui nous occupe, de sollicitations extérieures par le jeu de couple $\left[F(x)\sin\frac{t}{T}dx\right]$ fonction sinusoïdale du temps t, nous avons ramené le problème ([1]) à la recherche de l'amplitude $y(x)$ de la rotation sinusoïdale, amplitude définie comme angle de rotation $+\varphi(x)$ dans l'état d'équilibre qui correspond aux couples extérieurs $c(x)\,dx$ avec

$$(8) \qquad c(x) = -\left[\frac{(\mathrm{I}x)}{\mathrm{T}^2}\,y(x) + \mathrm{F}(x)\right].$$

Par suite, $y(x)$ est donné par l'équation de Fredholm (6).

IV. La méthode par laquelle nous sommes passés de l'équation de Volterra (2) à l'équation de Fredholm (6) est susceptible de nombreuses applications. Réciproquement, partant de l'équation (6) on peut facilement obtenir l'équation (2) que nous avons résolue ailleurs ([2]) en remarquant que la rotation de la tranche x par rapport à la tranche origine est égale à la rotation de la tranche L diminuée de la rotation de la tranche x par rapport à la tranche L, d'où

$$(9) \qquad \frac{1}{2}\int_0^x \alpha(s, x)\,c(s)\,ds = \frac{1}{2}\int_0^{\mathrm{L}} \alpha(s, \mathrm{L})\,c(s)\,ds + \frac{1}{2}\int_x^{\mathrm{L}} \alpha(s, x)\,c(s)\,ds,$$

qui, sous une autre forme, exprime la condition d'équilibre (4) :

$$(10) \qquad \int_0^{\mathrm{L}} c(s)\,ds = 0.$$

En ajoutant membre à membre (6) et (9) on retrouve immédiatement (2).

V. Signalons en terminant qu'en comparant la solution de l'équation (2) de Volterra telle que nous l'avons développée dans nos Notes déjà citées et la solution de l'équation (6) de Fredholm, on déduit d'intéressantes relations concernant la résolvante, la déterminante, les coefficients des termes en $\frac{1}{\mathrm{T}^{2p}}$ de cette déterminante. Ces relations ne peuvent trouver place dans un exposé aussi succinct; nous nous proposons de les développer ailleurs.

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 990.
([2]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1362 et 1461.

MÉCANIQUE. — *Sur la variation du coefficient de frottement de glissement avec l'état des surfaces en contact.* Note de M. M. FICHTER, présentée par M. G. Ferrié.

Le coefficient de frottement de glissement varie avec l'état des surfaces de contact et l'on a coutume de dire qu'en augmentant la perfection du polissage de ces surfaces, on peut se rapprocher des conditions du mouvement sans frottement qu'étudie la mécanique rationnelle.

Nous avons effectué des mesures du coefficient de frottement entre différents corps (fer sur fer, laiton sur laiton, acier sur laiton, cuivre sur zinc, etc.); nous avons bien constaté, dans tous les cas, en partant de surfaces d'appui primitivement rugueuses, que la valeur du coefficient de frottement diminuait quand on augmentait la perfection du polissage, mais pour passer par un minimum pour un degré de polissage que nous appellerons « polissage critique » et augmenter ensuite très rapidement si l'on continue à accroître la perfection du polissage.

Nous devons définir d'abord les conditions de l'expérience : il ne peut s'agir évidemment ici que du frottement immédiat, c'est-à-dire sans interposition de lubrifiant. Si l'on effectuait le polissage par le procédé classique utilisé en métallographie, on n'obtiendrait pas des surfaces parfaitement planes, et il y aurait interposition constante d'air entre les surfaces. Pour garder planes les surfaces d'appui, nous opérons par rodage des deux corps maintenus sous l'eau, cette eau contenant de l'alumine en suspension. Ce procédé est naturellement très long et exige une main-d'œuvre particulièrement habile. Une fois le polissage voulu obtenu, les surfaces sont séchées et mises en contact. Pour un élément laiton sur laiton, par exemple, on constate que le coefficient de frottement s'abaisse jusqu'à 0,12 environ pour s'accroître ensuite très rapidement et à un point tel que si l'on accroît la perfection du polissage au delà du polissage critique, la séparation des deux corps en contact exige un effort de traction normal qui peut aller facilement à 1,5 puis 2 kg/cm^2.

Nous avons pu répéter ainsi, avec des métaux divers, les expériences de cohésion réalisées par Johanson avec ses calibres d'acier. En partant d'échantillons préalablement rodés comme ci-dessus et en faisant intervenir la chaleur et la pression, il est possible de réaliser de véritables soudures, si parfaites qu'il faut soumettre les corps en contact à leur charge de rupture pour en obtenir la séparation, l'élévation de température et la pression

nécessitées pour obtenir ce résultat étant d'autant plus faibles que le polissage est plus parfait.

De même que l'on peut constater, sur deux corps rugueux frottant l'un sur l'autre, l'arrachement de petites particules, de même on trouve que deux surfaces polies adhérant l'une à l'autre par cohésion ne peuvent être séparées par traction normale sans l'arrachement de partie de ces surfaces; on est donc en droit de conclure qu'il y a eu en ces points soudure véritable.

Ces expériences sur la variation du coefficient de frottement avec le poli semblent donc pouvoir servir de base à une théorie du frottement lui-même, où l'on ferait entrer en ligne de compte l'attraction moléculaire qui explique la cohésion et même la diffusion entre les corps en contact.

Dans le frottement de glissement, il y aurait, en plus naturellement de l'enchevêtrement des rugosités des surfaces déjà signalées par Coulomb, une succession de soudures partielles suivies d'arrachement des éléments de surface amenés en *contact réel*; la force tangentielle constituant le frottement de glissement résulterait ainsi des réactions élastiques des parties soudées qui se trouvent tendues jusqu'à rupture, tandis que, dans d'autres éléments des surfaces d'appui, se produisent de nouvelles soudures.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations du mouvement d'un gaz.* Note [1] de M. Y. ROCARD, présentée par M. Hadamard.

Soient (u, v, w) la vitesse absolue d'une molécule A dans le domaine du point (x, y, z), (u_0, v_0, w_0) la vitesse d'ensemble du gaz au point (x, y, z); $u_0 = \overline{u}$, $v_0 = \overline{v}$, $w_0 = \overline{w}$. Soit $\overrightarrow{V}$ le vecteur de composantes u_0, v_0, w_0; soit encore $U = u - u_0$, $V = v - v_0$, $W = w - w_0$ la vitesse de A relative au « centre de gravité » de l'élément matériel du gaz coïncidant à l'instant t avec le domaine du point (x, y, z). ρ étant la densité du gaz en chaque point, les équations du mouvement du gaz sont d'après Maxwell :

$$\rho\frac{\partial u_0}{\partial t} + \rho u_0\frac{\partial u_0}{\partial x} + \rho v_0\frac{\partial u_0}{\partial y} + \rho w_0\frac{\partial u_0}{\partial z} = \rho X - \frac{\partial}{\partial x}\rho\overline{U^2} - \frac{\partial}{\partial y}\rho\overline{UV} - \frac{\partial}{\partial z}\rho\overline{UW},$$

et deux autres semblables. Pour calculer les moyennes du second membre, il faut évidemment connaître la fonction de distribution des vitesses : des travaux récents l'ont déterminée en première approximation, quand le gaz

(1) Séance du 26 mai 1924.

s'écarte assez peu de son état d'équilibre, et quand il satisfait à l'équation d'état des gaz parfaits $PV = RT$. La fonction de distribution de Chapman ne contient comme termes correctifs que ceux où figurent les dérivées premières d'espace de la température et de la vitesse moyenne; elle conduit à l'équation vectorielle

$$(1) \qquad \rho \frac{d\vec{V}}{dt} + \operatorname{grad} P = \rho \vec{F} + \frac{\eta}{3}\left[\operatorname{grad} \operatorname{div} \vec{V} + 3\Delta\vec{V}\right];$$

$\vec{F}$ est le vecteur des composantes X, Y, Z : c'est la force extérieure par unité de volume. η est le coefficient de viscosité, défini et calculé par Chapman; cette équation coïncide avec les équations classiques du mouvement des fluides visqueux de Navier et Poisson.

James [1] a fait un travail analogue à celui de Chapman pour les dérivées secondes. De ses résultats on tire :

$$(2) \quad \rho \frac{d\vec{V}}{dt} + \operatorname{grad} P = \rho \vec{F} + \frac{\eta}{3}\left(1 - \frac{K\eta}{P}\frac{d}{dt}\right)\left[\operatorname{grad} \operatorname{div} \vec{V} + 3\Delta\vec{V}\right] - \frac{8J}{15}\frac{\eta\vartheta}{P}\operatorname{grad} T,$$

ϑ est le coefficient de conductibilité thermique, défini et calculé par Chapman, J et K sont deux nombres purs, voisins de 1, ne dépendant que du modèle moléculaire choisi, et rigoureusement égaux à 1 pour les molécules de Maxwell $\left(\text{loi de force } \frac{1}{r^5}\right)$.

Si l'on calcule la dérivée par rapport au temps de la circulation Γ le long d'une courbe fermée C, qui se déforme avec le fluide, on trouve aisément à l'aide de (2), en tenant compte de la relation

$$\operatorname{grad} \operatorname{div} \vec{V} + 3\Delta\vec{V} = \operatorname{rot} \operatorname{rot} \vec{V} + 4\Delta\vec{V},$$

$$\left(\frac{d\Gamma}{dt}\right)_{t_0} = \int \frac{d}{dt}(\vec{V}\,\vec{ds}) = \frac{4\eta}{3}\int \frac{d\,\Delta\Phi}{\rho} - \frac{8}{15}\gamma\eta\vartheta\int \frac{d\,\Delta T}{P\rho} - \frac{4K\eta^2}{3}\int \frac{d\Delta}{dt}\left(\frac{d\Phi}{dt}\right)\frac{1}{P}$$
$$+ \text{ des termes}$$

qui s'annulent en supposant : 1° un potentiel de vitesse Φ à l'instant t_0; 2° un potentiel des forces extérieures; 3° $P = f(\rho)$.

Pour annuler le premier terme écrit, on peut supposer un fluide incompressible; mais par suite de la présence de P en dénominateur dans les autres termes, ceux-ci ne s'annulent pas en général : On en déduit que le théorème de Lagrange sur la conservation du potentiel des vitesses n'a plus lieu. Il était utile de mettre en évidence ce résultat, car Duhem avait établi

[1] *Philosophical Transactions*, série A, vol. **223**, 1922, p. 1.

que, même en considérant dans les équations du mouvement des termes de viscosité non linéaires, le théorème de Lagrange restait valable. Il n'en est pas de même avec les nouveaux termes considérés ici, qui ne correspondent d'ailleurs pas aux généralisations de Duhem, et qui du reste, au point de vue pratique, ne commencent à devenir importants que pour des pressions inférieures à quelques dizaines de baryes.

D'autre part, il est important de remarquer que l'expérience montre que certaines des conditions aux limites dans l'étude d'un problème donné suffisent à déterminer ce problème, tandis que, si l'on se borne à l'hydrodynamique pure, les véritables conditions aux limites de la solution des équations du mouvement restent indéterminées (par exemple, si un solide S se meut dans un volume V plein de gaz, physiquement le mouvement du gaz est déterminé, mathématiquement il ne l'est pas). La théorie cinétique, qui *a priori* suffit à donner une représentation des faits, peut également donner ces conditions aux limites. Nous allons signaler une méthode qui détermine (à un facteur près) les valeurs initiales de tous les coefficients différentiels qu'on peut être amené à écrire dans les approximations successives soit de la fonction de distribution des vitesses, soit des équations du mouvement. Considérons le cas simple du choc élastique des molécules sur une paroi, sans transfert de chaleur : Soient u, v, w les composantes de vitesse d'une molécule tombant sur la paroi, u, v, w celles de la molécule réfléchie : on les calcule aisément en fonction de u, v, w et du mouvement relatif de la paroi. Cela étant, f étant la fonction de distribution, on doit avoir évidemment en chaque point de la paroi :

$$f(u_1, v_1, w_1) = f(u, v, w) \qquad (\text{identité en } u, v, w),$$

équation fonctionnelle d'un type compliqué en général, mais qui à l'approximation de Chapman se résout en un certain nombre d'équations linéaires qui résolvent le problème en exprimant que :

1° Le gaz est entraîné avec la surface mobile et ne glisse pas sur elle;

2° Le mouvement même du gaz produit des inégalités de température : Le gradient de température est porté par la normale à la surface;

3° Les dérivées d'espace de la vitesse moyenne du gaz satisfont à six équations dont l'interprétation n'est pas simple.

Les résultats 1° et 2° ne seraient valables d'après ce qui précède que pour des écarts infiniment petits à la distribution d'équilibre, c'est-à-dire pour des mouvements infiniment lents. Mais on les étend au cas général d'un mouvement quelconque au moyen de quelques remarques sur les propriétés d'invariance de la fonction de distribution.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Formation, par voie humide, de couches d'oxydule de cuivre douées de propriétés photo-électriques.* Note de M. **J. Pionchon** et Mlle **F. Démora.**

Le point de départ de l'étude expérimentale dont nous exposons, dans la présente Note, les premiers résultats, est une observation fortuite faite par l'un de nous au cours de recherches antérieures relatives à la production, par des chocs sur les électrodes, de variations brusques de la force électromotrice de diverses cellules voltaïques ([1]). L'une de ces cellules consistant en une dissolution aqueuse extrêmement étendue (environ millinormale) de sulfate de cuivre où étaient plongées comme électrodes deux lames de cuivre, ayant été abandonnée à elle-même pendant une huitaine de jours, se montra alors, contrairement à ce qui avait eu lieu au moment de son montage, insensible aux chocs, mais sensible à diverses autres manœuvres qui, après avoir paru mystérieuses et déconcertantes, finirent par révéler comme raison de leur efficacité les variations qu'elles occasionnaient dans l'éclairement de l'une des électrodes par la lumière du jour venant d'une fenêtre auprès de laquelle l'appareil était placé. La sensibilité de l'appareil à l'action de la lumière était telle que la simple interposition de la main de l'opérateur et même d'un écran opaque de bien moindre importance, comme un crayon ou un simple fil métallique, entre une des électrodes de la cellule et la fenêtre amenait un déplacement notable du spot du galvanomètre auquel la cellule était reliée, déplacement qui suivait, sans retard appréciable, tous les mouvements de l'objet interposé. — Au lieu de l'aspect brillant du cuivre fraîchement décapé à l'acide azotique, qu'elles présentaient au début, les électrodes offraient alors une teinte superficielle rouge vineux bleuâtre, comparable à celle de certaines petites prunes ou de certaines fleurs de lilas. Evidemment, c'était à un composé spécial formé à leur surface, à la faveur de la solution extrêmement diluée de sulfate de cuivre où elles avaient séjourné, qu'elles devaient la remarquable sensibilité à la lumière qu'elles manifestaient alors.

Dans quelles conditions précises s'obtient cette altération chimique superficielle du cuivre et en quoi consiste-t-elle? C'est ce qu'une étude

([1]) *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 47, et t. 154, 1912, p. 865.

systématique du phénomène nous a appris, en nous amenant à faire la série de constatations suivantes :

1° On obtient à coup sûr, en quelques jours, à la surface d'une lame de cuivre ordinaire, la couche superficielle couleur prunelle ou lilas en question, en installant cette lame, aussitôt après l'avoir décapée à l'acide azotique et rincée à l'eau distillée, au sein d'une solution aqueuse très étendue de sulfate de cuivre, dans un vase ouvert à l'air et soustrait à la lumière du jour. Pour être efficace, la liqueur cuivrique doit avoir une teneur en sulfate comprise entre deux limites définies respectivement par les solutions $\frac{1}{2000}$ et $\frac{1}{10}$ normale. La dilution optima nous a paru être celle de la liqueur millinormale.

2° Si, au lieu d'une lame décapée de cuivre ordinaire, on met en œuvre une lame préalablement recouverte d'une couche de cuivre électrolytique, on obtient, dans les conditions précitées, la même altération superficielle, mais un peu moins rapidement.

3° Le résultat en question s'obtient aussi en laissant l'appareil exposé à la lumière diffuse du jour, mais non à la lumière solaire directe : celle-ci donne lieu à une altération superficielle de la lame toute différente, aboutissant à la formation d'une couche finale vert olive, dont nous nous réservons de faire l'étude ultérieurement.

4° La couche lilas ne se forme pas non plus, et la lame demeure inaltérée si, toutes choses égales d'ailleurs, la solution où elle est immergée est contenue dans un flacon entièrement rempli et bien bouché où elle se trouve privée du contact de l'air, d'où il suit que l'air, ou au moins un de ses éléments, est un des facteurs de la réaction dont il s'agit.

5° Le sulfate de cuivre, ou au moins un de ses ions, est aussi un facteur essentiel, car une lame de cuivre reste indéfiniment inaltérée si, toutes choses égales d'ailleurs, on remplace la solution de sulfate de cuivre par de l'eau distillée ou de l'eau de fontaine.

6° Le composé lilas dont nous venons d'indiquer les conditions de formation est soluble, en partie, dans l'eau acidulée sulfurique. Ce qui en reste à la surface de la lame est du cuivre pulvérulent et, dans ce que la lame a cédé à l'acide, l'analyse nous a indiqué une teneur en cuivre qui est pratiquement celle de l'oxyde cuivrique. On est donc autorisé à penser que le composé lilas auquel nous avons affaire est de l'oxyde cuivreux Cu^2O, car on sait que, sous l'action des acides, ce dernier se décompose en Cu et CuO.

7° Formé suivant notre technique, cet oxyde lilas est très solidement adhérent à la surface des lames de cuivre, bien que constitué par de fines paillettes cristallines. Dans son liquide générateur, et aussi dans l'eau, il se conserve inaltéré. Il se conserve également à l'air, sauf dans des conditions de grande humidité où, comme le cuivre, il se couvre de vert-de-gris. Chauffé à l'air, il se transforme en oxyde cuivrique noir.

Par leur facile formation, dans des conditions bien définies; par leur robustesse; par leur automatique entretien et réparation après de légères altérations causées par des radiations, nos couches d'oxydule de cuivre nous offrent, pour l'étude de leur sensibilité à l'action de radiations lumineuses ou autres, une matière particulièrement avantageuse, sur laquelle il nous

paraît intéressant de tenter une série de recherches. Sur nos premiers essais à cet égard nous donnerons simplement ici, en terminant, cette brève indication : deux lames de cuivre enduites d'un côté de cire à cacheter et transformées superficiellement de l'autre côté en oxydule lilas, constituent, étant accolées dos à dos, par leurs couches de cire, et plongées dans une solution étendue (millinormale environ) de sulfate de cuivre, une pile photo-électrique qui, reliée à un galvanomètre sensible, tel qu'un Deprez-d'Arsonval usuel, accuse, par une déviation de celui-ci, les plus minimes différences d'éclairement des faces oxydulées de ses électrodes, comme, par exemple, celles qu'on réalise en montrant à l'une de ces faces un papier blanc et à l'autre un papier noir. Sous l'action du faisceau de radiations provenant, à travers une couche d'eau de 5^{cm} d'épaisseur, d'un arc électrique de 7 ampères situé à 40^{cm} de distance, notre pile acquiert une force électromotrice initiale de l'ordre de 60 millivolts (mesurée au potentiomètre).

Remarques sur la Communication précédente de M. Pionchon *et Mlle* Demora, par M. **A. Cotton**.

Dans la Note précédente M. Pionchon et Mlle Demora donnent des détails intéressants sur la préparation et sur la nature de la surface sensible de l'actinomètre à lames de cuivre. Mais il convient de rappeler que dans un travail récent (1), M. G. Athanasiu avait précisément indiqué que l'on obtient des actinomètres en plongeant deux lames d'un même métal, de cuivre notamment, dans une solution d'un de ses sels. M. Athanasiu montrait que le métal est altéré visiblement au contact de la solution saline. Les solutions qu'il employait étaient, il est vrai, plus concentrées.

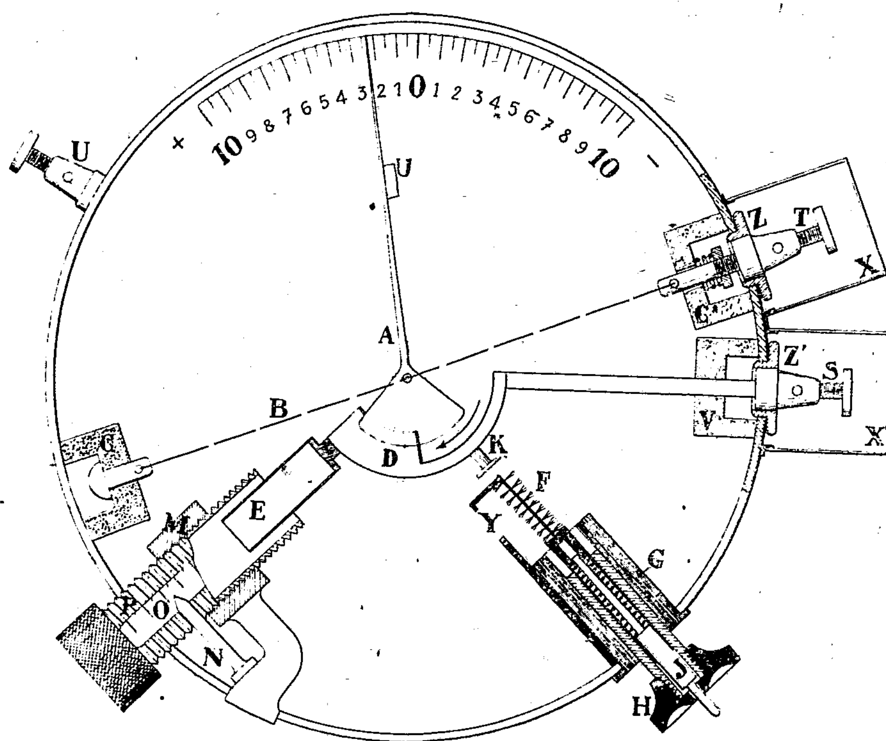
ÉLECTRICITÉ. — *Sur un nouveau type d'électromètre.*
Note de M. **B. Szilard**, présentée par M. A. d'Arsonval.

L'emploi des électromètres n'a pu se généraliser suffisamment à cause des difficultés de maniement, de la fragilité et de l'encombrement de ces appareils. Autant que possible on donna la préférence au galvanomètre, pourtant moins sensible, encore fragile et souvent peu indiqué à cause de la résistance électrique intérieure de l'instrument.

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 386.

L'appareil ci-dessous décrit est à la fois plus robuste, et que les galvanomètres, et que les électromètres, et tout en étant peu encombrant et parfaitement transportable, il permet, sans emploi de batterie à tension constante, toutes les mesures électrométriques. La sensibilité et la technique sont comparables à celles de l'électromètre à cadran, cependant la lecture se fait au moyen d'une aiguille sur échelle fixe.

L'appareil est essentiellement composé d'une paire de secteurs isolés accouplés à un condensateur auquel une petite machine à frottement fournit la charge qu'un dispositif permet de maintenir à tension constante. Les secteurs attirent une aiguille suspendue isolée qui dévie selon le sens de la charge reçue.



Description. — Une longue aiguille ($r = 100^{mm}$) très légère A est suspendue par un ruban en bronze B tendu entre deux pièces isolantes C et C'. Elle oscille dans le plan médian de la paire de secteurs D maintenue par l'isolant V. La pièce K solidaire au secteur lui permet de recevoir la charge électrique positive engendrée par un seul déplacement d'une brosse circulaire F coulissant dans un tube d'ébonite G. On peut modérer la quantité

de cette charge produite en excès en mettant en contact F avec la tige J très légèrement conductrice. Un condensateur à capacité variable servant de régulateur de tension est accouplé au montage de sorte que l'armature intérieure E est électriquement solidaire aux secteurs D tandis que l'armature extérieure mobile P se trouve reliée au sol par la cage U. En vissant le bouton P, cette armature se déplace dans la direction de l'axe commun des deux cylindres et permet de connaître à chaque moment, grâce aux divisions O et à l'index N, la capacité électrostatique du système. Ce dispositif permet de modifier ou régler à volonté et sans discontinuité la capacité du système EDKS, variation souplement et fidèlement suivie du déplacement de l'aiguille A sur l'échelle.

Fonctionnement. — L'instrument permet de réaliser à peu près tous les montages de l'électromètre à cadran. Il peut servir :

1° De voltmètre électrostatique pour mesurer la différence de potentiel entre le sol et un pôle, la borne S étant alors reliée à la source (l'écran Z' étant libéré) et la cage U ainsi que l'aiguille étant reliées au sol;

2° D'indicateur de différence de tension de deux sources, les bornes S et T étant reliées chacune aux pôles respectifs;

3° D'électromètre idiostatique, les bornes S et T étant reliées au même pôle;

4° Enfin d'électromètre hétérostatique en manœuvrant ainsi : on pousse le chargeur H en avant (en le retirant ensuite pour décharger l'excès de charge par le contact Y) afin d'engendrer la charge nécessaire (et de la communiquer en même temps au secteur) pour que l'aiguille prenne la déviation correspondante au potentiel désiré, soit 150 volts par exemple. Au moyen du condensateur on règle ensuite la tension d'une façon très précise en dirigeant l'aiguille par la manœuvre du bouton P sur la division voulue. L'instrument est ainsi prêt pour la mesure de source de faibles potentiels qu'il suffit de relier à la borne T pour être indiqué par l'aiguille sur l'échelle. Pendant ces opérations la borne S se trouve libérée du sol par l'écran Z et couvert par le capuchon de protection X'.

L'isolement du système DKS étant très soigné, la chute de tension durant plusieurs minutes est insignifiante; mais pour compenser la perte de charge inévitable il suffit de manœuvrer le condensateur P pour ramener la tension au fur et à mesure de la chute, à sa valeur initiale dont la constance est la condition essentielle des mesures à montage hétérostatiques. En tout cas la déperdition est suffisamment lente pour permettre d'effectuer des mesures pendant 24 heures sans être obligé de recharger l'appareil.

Sensibilité. — *Capacité.* — La capacité mesurée par le système de l'aiguille (montage hétérostatique, borne T est = 9 U.E.S.). Celle mesurée par le système du secteur (voltmètre électrostatique, borne S) est variable à volonté entre les limites de 9 à 16 U.E.S.

Potentiel. — En reliant la borne S à la source (l'aiguille étant au sol), on

obtient une déviation complète de l'aiguille (300 div. = 150^{mm}) pour 300 volts. En chargeant le système DKS par le chargeur à 200 volts (montage hétérostatique), l'aiguille donne, la source étant reliée à la borne T, environ 1 div. par volt.

Courant. — Un intervalle entre chaque division équivaut en moyenne à une charge de 3.10^{-2} U.E.S. Ainsi un déplacement de 1 div. par sec. correspond à un courant égal à cette charge, soit 10^{-11} ampère dont la dixième partie, 10^{-12} ampère, est encore bien mesurable.

Durée d'oscillation : 1 seconde.

En résumé, l'incomparable avantage de l'appareil réside dans le fait qu'il est susceptible de travailler sans aucun accessoire (ni console murale immobile, ni batterie de haute tension, ni éclairage) et qu'il peut être approché *lui-même* de la source à mesurer, sur une table, à l'usine, à la rue ou en plein champ, loin de toute installation, à la manière d'un ampèremètre ordinaire; ainsi il peut effectuer, à part les mesures ordinaires du laboratoire (courant d'ionisation, constante diélectrique, isolements, capacités, etc.), aussi des mesures pratiquement inaccessibles à l'électromètre à cadran, telles que l'électricité atmosphérique, exploration d'un champ électrique, détection de la chute de tension ou de la surcharge d'une ligne, etc.

PHYSIQUE. — *Sur la piézoélectricité et la dissymétrie moléculaire.* Note de M. R. Lucas, présentée par M. A. Haller.

A la suite de leur découverte des propriétés piézoélectriques de certains cristaux, J. et P. Curie établirent la condition nécessaire pour qu'un cristal présente ces propriétés : *l'absence de centre de symétrie de l'édifice cristallin.* Les cristaux présentant l'hémiédrie à face inclinée sont précisément dans ce cas, et les deux auteurs donnèrent autrefois le critérium suivant : « *Les cristaux hémièdres à faces inclinées sont les seuls cristaux pyroélectriques, ce sont aussi les seuls capables d'acquérir l'électricité polaire par pression* »(1). D'autre part, les milieux actifs sur la lumière polarisée ne possèdent ni plan ni centre comme élément de symétrie, et l'on sait que les corps actifs à l'état liquide, ou à l'état de solution, donnent des cristaux présentant l'activité optique. Il résulte de ces considérations que les composés dissymétriques

(1) Pierre Curie, *Œuvres*, p. 7.

peuvent fournir des cristaux piézoélectriques, et à ce sujet, J. et P. Curie disaient : « On peut prévoir qu'il en existe (des cristaux piézoélectriques) beaucoup d'autres parmi les substances cristallisées artificielles.

« Les corps actifs sur la lumière polarisée, par exemple, fournissent des cristaux dont certains diamètres ont leurs extrémités dissemblables » ([1]).

Le nombre des cristaux piézoélectriques connus n'étant pas très élevé (de l'ordre d'une quinzaine) il était intéressant de vérifier si les corps actifs donnaient des cristaux ayant cette propriété. Cette étude a été faite, soit à l'électromètre, comme dans les recherches de J. et P. Curie lorsque la taille des cristaux le permettait, soit à l'aide d'un dispositif d'amplification par lampes à trois électrodes, lorsque la taille des cristaux était insuffisante ou lorsqu'ils étaient trop conducteurs. Nous avons observé que tous les cristaux étudiés, au nombre de plus de trente, et appartenant à des familles chimiques variées, possèdent les propriétés piézoélectriques. En particulier, les composés suivants : l'isodulcite, la québrachite, l'iridotrioxalate de potassium et le sulfate basique de cinchonine sont sensiblement plus piézoélectriques que le quartz. Nous avons vérifié sur la québrachite (qui est en même temps pyroélectrique) la règle d'électrisation observée par J. et P. Curie, l'extrémité la plus aiguë du cristal devenant positive par compression. Parmi les cristaux étudiés, il est à noter que plusieurs ne présentent pas de facettes hémièdres, comme dans le cas des alcoylidènecamphre et de certains oxalates complexes et que, dans plusieurs cas, la symétrie correspondant à la structure ne peut être mise en évidence par l'existence de figures de corrosion. L'examen des propriétés piézoélectriques fournit dans ce cas un moyen très commode pour déceler la symétrie véritable du cristal alors que peuvent échouer les procédés ordinairement employés.

D'autre part, le fait qu'il ne semble pas exister d'exceptions à cette règle que : *tout corps actif donne des cristaux piézoélectriques*, conduit à penser que les molécules actives présentent une polarité électrique des atomes constitutifs, cette polarité étant sans doute l'origine de la cohésion des cristaux organiques comme le suggère M. Mauguin ([2]). Cette polarité électrique, jointe à l'absence de centre de symétrie dans la molécule, entraîne l'existence d'un moment électrique permanent et rattache les corps actifs aux diélectriques du type de la théorie de Debye.

([1]) Pierre Curie, *loc. cit.*

([2]) Ch. Mauguin, *La structure des cristaux*, p. 203.

Les composés suivants ont servi de base à notre étude :

Groupe des dérivés du camphre. — Benzalcamphre, anisalcamphre, méthylsalicylalcamphre, benzalcamphre parachloré, paradiéthyl et paradiméthylaminobenzalcamphre, anisylcamphre, benzylcamphre, dibenzylcamphre, bromobenzylcamphre, diméthylcampholamide, camphorate acide de méthyl α, phénylfenchol.

Groupe des alcaloïdes. — Chlorhydrate de cinchoniline, chlorocadmiate d'oxycinchonine α, chlorozincate de cinchonine, cinchoniline, hydrate de cinchonine, sulfate basique de cinchonidine, chlorhydrate d'uréoquinine, biiodhydrate de quinine, sulfate basique de cinchonine, bromhydrate de quinine, chlorhydrate d'ergothionéine.

Groupe des complexes. — Iridooxalate de potassium, iridotrioxalate de potassium, rhodoxalate de potassium ainsi que plusieurs composés formés par association de ces complexes entre eux, mais jouissant du pouvoir rotatoire (complexes racémiques de M. Delépine). Citons encore deux cobaltitriéthylènediamine et l'asparagine.

ACOUSTIQUE. — *Sur les zones de silence et leur relation avec les caractères météorologiques.* Note de M. **Ernest Esclangon**, présentée par M. Émile Borel.

Les explosions de la Courtine ont attiré à nouveau l'attention sur les zones de silence vis-à-vis desquelles des explications diverses ont été émises.

La plus simple de ces explications et, à notre avis, la plus probable consiste dans l'effet des circonstances météorologiques, par l'action combinée de la température et du vent qui, en produisant des déviations continues (parfois discontinues) des rayons sonores, peuvent provoquer des retours vers le sol et même des concentrations en certains points de l'énergie acoustique.

L'explication par une réflexion dans les très hautes couches de l'atmosphère à une altitude de l'ordre de 80 ou 100^{km}, dans des régions où la pression est de l'ordre d'une fraction de millimètre, paraît peu admissible en raison de la perte considérable d'énergie qu'éprouveraient de ce fait les rayons sonores dans le double trajet qui leur serait imposé. En outre, un fait d'observation particulièrement important milite contre cette hypothèse, c'est celui des bolides qui, malgré les puissantes ondes de choc qu'ils développent dans les régions élevées de l'atmosphère, sont presque toujours silencieux pour les observateurs terrestres.

Dans un Mémoire imprimé en 1916 aux *Archives de la Commission de Gavre* (¹), nous avons donné une théorie détaillée des zones de silence basée sur les caractères météorologiques, étayée sur de nombreuses observations et qui permet, étant déterminés ces caractères par des sondages aériens, de dresser, en quelque sorte *a priori*, les cartes acoustiques qui leur correspondent.

La théorie est d'ailleurs facile. Si l'on désigne par $u(x, y, z)$, $v(x, y, z)$, $w(x, y, z)$, les composantes de la vitesse du vent au point de coordonnées x, y, z de l'atmosphère, par $a(x, y, z)$ la vitesse propre du son en ce point (c'est-à-dire en milieu supposé calme) sous la dépendance de la température et peut-être de la composition de l'air, par $\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt}$ les composantes de la *vitesse absolue* d'un rayon sonore passant en x, y, z, par α, β, γ les cosinus directeurs de la normale à l'onde (distincte ici de la tangente au rayon), l'application du principe d'Huyghens donne immédiatement les six équations suivantes pour déterminer x, y, z, α, β, γ en fonction du temps t :

$$(1) \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= u + a\alpha, & \frac{d\alpha}{dt} &= -p + R\alpha, \\ \frac{dy}{dt} &= v + a\beta, & \frac{d\beta}{dt} &= -q + R\beta, \\ \frac{dz}{dt} &= w + a\gamma, & \frac{d\gamma}{dt} &= -r + R\gamma, \end{aligned} \right.$$

où l'on a posé

$$\begin{aligned} p &= \alpha\frac{\partial u}{\partial x} + \beta\frac{\partial v}{\partial x} + \gamma\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial a}{\partial x}, \\ q &= \alpha\frac{\partial u}{\partial y} + \beta\frac{\partial v}{\partial y} + \gamma\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial a}{\partial y}, \\ r &= \alpha\frac{\partial u}{\partial z} + \beta\frac{\partial v}{\partial z} + \gamma\frac{\partial w}{\partial z} + \frac{\partial a}{\partial z}, \\ R &= p\alpha + q\beta + r\gamma. \end{aligned}$$

Les fonctions u, v, w sont, en outre, liées par l'équation de continuité.

Dans le cas particulier très étendu où l'on suppose que la vitesse du vent est horizontale et dépend seulement de l'altitude z (u et v seules fonctions de z); que la vitesse du son a est aussi fonction de la seule altitude z, les équations précédentes deviennent facilement intégrables.

En posant

$$\alpha = \cos h \cos\varphi, \qquad \beta = \cos h \sin\varphi, \qquad \gamma = \sin h,$$

(¹) *Sur les phénomènes sonores engendrés par les canons et les projectiles*, Mémoire nº 5 (*Archives de la Commission de Gâvre*, décembre 1916).

on en tire immédiatement

$$\varphi = \text{const.}; \qquad \frac{a}{\cos h} + u\cos\varphi + v\sin\varphi = \text{const.};$$

ce qui détermine par conséquent l'inclinaison h du rayon sonore en fonction de z.

On en déduit ensuite

$$\frac{dx}{dz} = \frac{u + a\cos h\cos\varphi}{a\sin h}, \qquad \frac{dy}{dz} = \frac{v + a\cos h\sin\varphi}{a\sin h};$$

ce qui conduit à des quadratures, puisque u, v, a, h sont fonctions connues de z.

Nous avons, dans le Mémoire précité, développé le calcul, à titre d'exemple et en vue des besoins du repérage par le son, dans l'hypothèse d'un vent de direction constante variant avec l'altitude z sous la forme $v = v_0 + kz + \frac{\lambda}{2}z^2$; la vitesse du son étant elle-même donnée par $a = a_0 - k'z - \frac{\mu}{2}z_2$. On trouve ainsi, au point de vue qualitatif, une dizaine de types de cartes acoustiques, avec des zones de silence successives, ou des renforcements suivant certaines directions, ou enfin, dans certains cas, de véritables foyers acoustiques en certains points. La première zone de silence peut parfois débuter au centre même de l'explosion (qu'elle comprend à son intérieur); au voisinage de la source, le son ne parvient ainsi que par diffraction. Cette circonstance se présente notamment lorsque la température décroît rapidement à partir du sol, la vitesse du vent étant nulle ou très faible ([1]) (temps beau et chaud au sol, sans vent). A faible distance, le long de la surface du sol, le temps est pour ainsi dire alors acoustiquement « bouché ».

Il nous est arrivé sur terrain plat, au bord de la mer, d'entendre très bien le canon à 15^{km} de la batterie, de ne plus l'entendre à 10, alors que les observateurs restés en place à 15^{km} continuaient à l'entendre parfaitement.

Dans d'autres circonstances, il existe des directions privilégiées qui ne sont pas nécessairement celles du vent (ou de sa direction opposée) le long desquelles l'énergie acoustique a une intensité toute particulière.

Il n'existe donc aucune disposition immuable concernant les zones de silence; celles-ci comportent des variations continuelles en rapport avec les caractères météorologiques du moment dont elles dépendent; une connais-

([1]) Plus exactement lorsque le gradient de vitesse en fonction de l'altitude est très faible.

sance parfaite de ces caractères permet de les prévoir, de les calculer et d'en dresser les cartes, pour ainsi dire *a priori*.

Si les rayons sonores partis du sol et susceptibles d'y revenir avec une énergie sensible atteignaient des hauteurs très considérables dans l'atmosphère, à l'abri par conséquent des fluctuations météorologiques, on devrait retrouver des caractères constants et fondamentaux dans l'observation des zones de silence.

L'absence de ces caractères d'une part, le silence habituel des bolides d'autre part, peut-être aussi la considération de cette vieille et banale expérience par laquelle on montre que le son ne se transmet pas à quelques décimètres dans le vide grossier d'une cloche pneumatique, indiquent que la très faible densité de l'atmosphère aux très hautes altitudes est un obstacle infranchissable pour les rayons sonores, même les plus puissants, qui se produisent à la surface du sol.

RADIATION. — *Définition spectrophotométrique des couleurs de fluorescence.* Note de MM. **Henri George** et **Edmond Bayle**, présentée par M. Jean Perrin.

Un grand nombre de corps manifestent une vive fluorescence quand on les expose au rayonnement ultraviolet d'un arc à mercure filtré par un écran à l'oxyde de nickel ($\lambda = 3650$ Å). On a cherché à tirer parti de ce phénomène pour obtenir rapidement, par simple examen, des indications sur la nature des corps complexes; si, par exemple, on examine ainsi diverses poudres blanches, on obtient immédiatement une première discrimination analogue à celle qu'on pourrait faire entre les corps de couleur différente (¹).

Si l'on veut pousser l'étude jusqu'à la détermination de véritables caractères analytiques, il est nécessaire de donner pour chaque corps une mesure de l'intensité de la lumière émise dans des conditions d'excitation déterminées et de définir la couleur de cette lumière. En employant des colorimètres (Nutting), on peut étudier la couleur de fluorescence comme la couleur d'un pigment et fixer sa tonalité en longueur d'onde, sa saturation, c'est-à-dire la proportion de lumière blanche qu'elle contient et son éclat. On peut également évaluer la couleur en fonction des trois compo-

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 632.

santes fondamentales et lui trouver un point représentatif dans le triangle de Maxwell.

Ces méthodes ne présentent pas d'intérêt si l'on désire préciser les caractères analytiques de la fluorescence. Par exemple, beaucoup de corps présentent des fluorescences blanchâtres de teinte très voisine qu'il est impossible, en opérant comme ci-dessus, de définir ou de distinguer. Par contre, l'examen des spectres de ces lumières voisines met en évidence des différences très nettes dans la répartition de l'intensité.

Nous proposons de définir la fluorescence observée en traçant la courbe de la répartition dans le spectre normal de l'intensité visible, la lumière du Soleil étant prise comme définition de la lumière blanche et les intensités étant rapportées à la sensation qu'elles produisent sur l'œil humain.

Nous opérons de la manière suivante :

1° Nous étudions au spectrophotomètre (Yvon) par rapport à une source, elle-même étalonnée par rapport au Soleil, le spectre de fluorescence; nous obtenons une courbe (1) donnant pour chaque valeur de λ le rapport de l'intensité du corps fluorescent à l'intensité de la lumière blanche prise comme étalon. Par convention, toutes les radiations composant la lumière blanche ont l'intensité 1; la lumière blanche est donc représentée entre les limites du spectre visible par une parallèle à l'axe des λ. Dans ces conditions la courbe (1) définit en chaque point du spectre l'intensité de la fluorescence.

2° D'autre part, nous traçons une fois pour toutes, d'après Coblentz et Emerson [1], la courbe (2) de visibilité de l'œil humain en fonction de la longueur d'onde. Cette courbe représente les sensations produites sur l'œil par des radiations d'égale intensité. On peut remarquer qu'elle traduit dans le domaine physiologique les conventions définissant la lumière blanche.

Nous multiplions ensuite les ordonnées de la courbe (1) par les ordonnées correspondantes de la courbe (2). Nous obtenons ainsi la courbe (3) cherchée.

Cette courbe donne les valeurs relatives des radiations visibles composant la lumière de fluorescence. Son tracé présente des particularités très caractéristiques qu'il est intéressant de comparer à la courbe d'absorption du même corps. De plus son aire est proportionnelle à l'intensité lumineuse totale du corps fluorescent. Il n'y a donc aucune difficulté en

---

[1] *Sc. Pap. Bur. of St.*, n° 303, septembre 1917.

employant cette méthode, à classer une série de corps par ordre d'intensité de fluorescence, quelle qu'en soit la couleur. Il suffit d'évaluer les aires des courbes correspondantes.

Nous avons supposé pour simplifier qu'il s'agissait d'un spectre normal. Il y a lieu pour les spectres de prisme de tracer la courbe de dispersion du spectrophotomètre et d'effectuer pour chaque valeur de la longueur d'onde la correction nécessaire.

Cette méthode s'applique également à la définition des couleurs et aux problèmes de la photométrie hétérochrome.

SPECTROSCOPIE. — *Nouveaux spectres émis par un atome neutre de lithium.* Note de M. **Max Morand**, présentée par M. A. Cotton.

1. Aux raies nouvelles observées dans le spectre de la tache lumineuse des rayons positifs de lithium, et dont les longueurs d'onde ont été données dans une Note précédente, viennent s'ajouter les raies suivantes : $\lambda\lambda$ 4256 (int. 0), 4244 (2), 4187 (1), 4066 (0), 4053 (1), 3841 (1), 3818 (00), 3756 (0), 3653 (0), 2808 (2), 2525 (0) A°.

Ces raies, pour la plupart assez faibles, sont difficiles à repérer. Il peut y avoir sur leur détermination une erreur de 1 ou 2 angströms. La raie qui avait été primitivement pointée à λ 3715 A°, a, en réalité, une longueur d'onde voisine de 3713 A°.

2. Les raies 5488, 4244, 3841, 3653 forment une série dans laquelle la différence des nombres d'ondes de deux termes consécutifs est presque égale à celle qui existe entre les termes de la série diffuse du spectre d'arc ordinaire du lithium. La constante R a la même valeur dans ces deux séries (109728), mais la constante d est différente; elle vaut $-0{,}0013$ dans le spectre d'arc ordinaire et $-0{,}0016$ dans cette nouvelle série. D'autre part, les formules représentant ces deux séries ($2p - md$) diffèrent par le terme constant $2p$ qui vaut 28580 dans la série diffuse ordinaire et 30426 dans la nouvelle série. Ces deux séries ne peuvent donc être émises par le même atome de lithium, bien qu'il soit neutre dans les deux cas.

Considérons maintenant cette série comme la série diffuse d'un nouveau spectre dont la raie 3713 serait le premier terme de la série principale. Si l'on calcule à partir de ces données la position des raies de la série fine ($2p - ms$), on trouve précisément pour le deuxième, le troisième et le quatrième terme de cette série les longueurs d'onde des raies 4814, 4053 et

3756 (le premier terme de la série fine se trouve dans l'infrarouge, et n'a pu être observé). On peut donc résumer comme suit les raies de ce nouveau spectre :

λ 3713 (int. 4)	$1s-2p$	premier terme de la série principale.	
4814 (int. 2)	$2p-3s$	série fine.	
4053 (int. 1)	$2p-4s$		
3756 (int. 0)	$2p-5s$		
5488 (int. 3)	$2p-3d$	série diffuse.	
4244 (int. 2)	$2p-4d$		
3841 (int. 1)	$2p-5d$		
3653 (int. 0)	$2p-6d$		

Nous avons déjà vu que la constante d est plus petite que celle du spectre ordinaire. Il en résulte que les niveaux md sont plus grands dans le nouveau spectre. Il en est de même des niveaux mp et ms, puisqu'on a

$$2p = 30426, \qquad 2p_{\text{ord}} = 28580;$$
$$1s = 57358, \qquad 1s_{\text{ord}} = 43482.$$

Le potentiel d'ionisation de l'atome neutre qui émet ce spectre est de 7,1 volts (déterminé par la grandeur de $1s$), alors que ce potentiel est, comme on sait, de 5,36 volts pour l'atome de lithium ordinaire.

3. J'ai précédemment indiqué comment on est amené à considérer deux formes différentes du lithium ionisé — que j'ai désignées, par analogie avec l'hélium, paralithium (forme normale) et ortholithium (forme instable). Or puisque le lithium ionisé peut exister sous deux formes, on devait s'attendre à trouver parmi les raies nouvelles un nouveau spectre d'arc du lithium; le paralithium, en se neutralisant, émet le spectre d'arc ordinaire, tandis que l'ortholithium doit émettre un autre spectre d'arc un peu différent. Telle est l'explication du nouveau spectre dont je viens de donner les principales raies. Sa découverte est une excellente confirmation de l'existence des deux formes du lithium ionisé. Il existe donc deux spectres d'arc et deux spectres d'étincelle, correspondant au para et à l'ortholithium. Mais tandis que le spectre d'arc ordinaire nécessite une très faible excitation, le spectre d'arc de l'ortholithium nécessite une excitation égale à celle qui produit de l'ortholithium (environ 20 volts), et c'est pour cela que ce spectre n'avait encore jamais été observé. A ces 4 spectres il faut ajouter le spectre d'étincelle du second ordre dû à l'atome deux fois ionisé.

4. Nous avons remarqué plus haut que les niveaux de l'ortholithium correspondent à des énergies plus faibles que les niveaux du paralithium

(c'est-à-dire à des nombres d'ondes plus grands). Ceci pouvait se prévoir facilement. En effet, les deux électrons qui entourent le noyau sont très près de celui-ci dans le cas du paralithium (2 orbites à 1 quantum), et beaucoup plus éloignés dans le cas de l'ortholithium (1 orbite à 1 quantum, 1 orbite à 2 quanta). Il en résulte que l'effet d'écran, dû à ces deux électrons par rapport au troisième, est plus petit dans le cas de l'ortholithium que dans celui du paralithium, et les constantes s, p, d, ... sont alors plus petites. Les niveaux sont représentés par des nombres d'ondes plus grands; le spectre est déplacé du côté des petites longueurs d'onde. Le tableau suivant donne les valeurs des constantes pour les deux formes de lithium :

	Para.	Ortho.
s........	$0{,}600844 - \frac{0{,}01582}{m}$	$0{,}3655 + \frac{0{,}0176}{m}$
p........	$-0{,}047$	$-0{,}10094$
d........	$-0{,}0013$	$-0{,}0016$

5. Tous les éléments plus lourds que l'hydrogène possèdent une première couche électronique K de deux électrons autour du noyau. Les deux électrons K de l'hélium et du lithium qui déterminent les formes ortho et para peuvent avoir leurs orbites croisées (para) ou coplanaires (ortho). De même les deux électrons K des atomes de poids atomique plus élevé doivent pouvoir présenter les deux configurations. Il semble que l'on puisse trouver dans cette voie l'explication de certaines raies K observées dans les spectres de rayons X d'éléments moyennement lourds et dont on n'a pas encore réussi jusqu'à présent à rendre complètement compte.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *L'augmentation isotrope de l'indice des liquides dans le champ électrique*. Note [1] de M. **Pauthenier**, présentée par M. Cotton.

I. Un fluide soumis à un champ électrique (ou magnétique) uniforme E, doit, selon un calcul de Helmholtz, complété par Pockels, éprouver une augmentation isotrope d'indice

$$\Delta\mu = \frac{(\varepsilon - 1)(\varepsilon + 2)(n^2 - 1)(n^2 + 2)}{144\pi n} c E^2 \tag{1}$$

(ε, constante diélectrique; n, indice; c, compressibilité).

---

[1] Séance du 25 mai 1924.

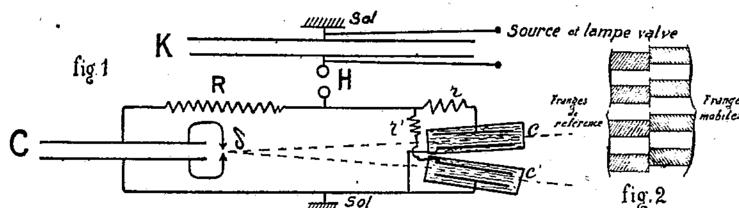
Nous avons déjà mis en évidence et mesuré [1] dans le cas du sulfure de carbone ce phénomène auparavant hypothétique qui vient se superposer à la biréfringence.

Cette augmentation d'indice est-elle un phénomène général ? La retrouve-t-on en particulier avec les liquides très peu biréfringents où elle doit prendre vis-à-vis de la biréfringence une importance prépondérante ? Dans l'affirmative, est-elle encore, comme dans le cas du sulfure de carbone, de l'ordre de grandeur prévu par la formule (1) ?

Nons avons ainsi été amené à étudier le benzène et le tétrachlorure de carbone, respectivement huit et quarante-trois fois moins biréfringents que le sulfure de carbone.

II. Nous avons employé une méthode déjà décrite qui permet de résoudre les problèmes de ce genre en évitant tout échauffement du liquide, et fait intervenir les décharges apériodiques d'un système de condensateurs.

1° *Partie électrique.* — Comme dans l'étude des retards absolus, C est le condensateur d'éclairage, c le condensateur à benzène (*fig.* 1). Les conducteurs sont accolés,



les selfs négligeables. La connaissance exacte du champ E, sans grande importance dans la question des retards absolus, devient ici nécessaire. Nous la mesurons directement : à ce effet nous avons montré, en parallèle avec le condensateur à benzène, un petit condensateur à sulfure de carbone c' ; la détermination optique de la biréfringence instantanée de ce dernier liquide au moment où éclate l'étincelle d'éclairage δ permet d'évaluer E. Les condensateurs c et c' sont chargés depuis longtemps quand éclate cette étincelle δ (durée de charge de l'ordre des millionièmes de seconde). Par surcroît de précaution, nous avons pris $cr = c'r'$.

Le condensateur K est chargé au moyen d'un kénotron alimenté par une bobine d'induction et un Wehnelt.

2° *Partie optique.* — L'augmentation isotrope d'indice entre les armatures du condensateur c s'observe encore entre miroirs de Jamin, l'un des faisceaux lumineux passant entre les armatures, l'autre à côté. On regarde les franges d'étincelle (20 étincelles environ à la seconde) avec une lunette précédée d'un nicol à plan de vibration

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 101, 803, 1576; t. 171, 1920, p. 102. — *Annales de Physique*, t. 14, 1920, p. 239.

vertical. Aux deux bouts du condensateur à benzène, deux micas demi-onde pour le jaune moyen permettent de faire passer à volonté dans la cuve (champ E horizontal) des faisceaux vibrant soit horizontalement, soit verticalement.

Pour mettre nettement en évidence les petits déplacements des franges d'étincelle sous l'influence de l'électrostriction, nous formons à côté de l'étincelle ô l'image du filament incandescent d'une lampe Cotton. Nous juxtaposons ainsi dans le champ de la lunette (*fig.* 2) deux systèmes de franges :

1° Les franges du filament ou franges de référence; leur position échappe à l'action du champ, puisqu'elles ne lui sont soumises que pendant quelques cent-millièmes du temps; 2° les franges d'étincelles dont le système fait un bond quand on met en circuit le condensateur *c*. Les deux systèmes de franges sont rendus suffisamment monochromatiques par un filtre Wratten jaune moyen.

Pour avoir E on détermine la biréfringence instantanée du sulfure de carbone par la méthode classique du quart d'onde entre nicols. Le cercle de l'analyseur peut être gradué directement en volts.

III. *Résultats relatifs au benzène et au tétrachlorure de carbone.* — Les résultats suivants ont été obtenus avec deux condensateurs de 18^{cm} et de 90^{cm} de long; la longueur du champ non uniforme était dans les deux cas de $2^{cm},5$ à chaque bout :

1° Avec le condensateur de 18^{cm}, quelles que soient les durées de charge et les différences de potentiel mises en jeu (51000 volts/cm au plus comme dans 2°), on ne constate pas de déplacement appréciable des franges mobiles. La variation d'indice observée ultérieurement ne se produit donc pas dans la région non uniforme du champ.

2° Avec le condensateur de 90^{cm} et pour des durées de charge comprises entre 10^{-5} et 20×10^{-5} sec., les franges mobiles font un bond dans le sens d'un retard, que les vibrations incidentes soient parallèles ou perpendiculaires au champ E. On a donc bien affaire à une augmentation d'indice. Le bond est dans les limites indiquées indépendant de la durée de charge.

3° Avec un champ de 51000 volts/cm, et dans le cas du tétrachlorure (biréfringence négligeable), les deux bonds sont égaux et de l'ordre de $+\frac{1}{4}$ d'interfrange. Dans le cas du benzène (faiblement biréfringent), l'un des déplacements (vibrations parallèles au champ) est encore sensiblement de $+\frac{1}{4}$ d'interfrange, l'autre plus petit.

4° La superposition de la biréfringence à l'électrostriction donnée par la formule (1) fait alors prévoir, pour le tétrachlorure, deux déplacements égaux à $+0,22$ interfrange, pour le benzène deux déplacements de $+0,25$ et $+0,14$ interfrange pour les vibrations parallèles et perpendiculaires au champ.

IV. *Conclusions.* — Les résultats précédents, rapprochés de nos observations antérieures sur le sulfure de carbone, montrent l'existence certaine de l'électrostriction, équivalente à une *condensation* du liquide dans le champ électrique uniforme.

Ce phénomène n'a aucun rapport avec la biréfringence; dans les trois cas cités, correspondant à des biréfringences très différentes, son ordre de grandeur au moins est donné par la formule (1).

Notre installation insuffisante pour la production régulière des hauts potentiels rend provisoirement difficiles des mesures précises et un contrôle étendu des prévisions théoriques.

OPTIQUE. — *Origine des anomalies de la dispersion rotatoire de l'acide tartrique.* Note [1] de MM. **Thomas Martin Lowry** et **Percy Corlett Austin**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note récente [2], M. Longchambon a fait une application importante de la théorie, proposée il y a longtemps par Arndtsen [3], d'après laquelle les anomalies de la dispersion rotatoire de l'acide tartrique seraient dues à la superposition des dispersions, toutes deux normales, mais inégales, de deux composants l'un droit, l'autre gauche. M. Longchambon suggère que ces deux composants sont : 1° un *acide α-tartrique gauche*, pour lequel le pouvoir rotatoire spécifique pour la raie jaune du mercure serait $\alpha_j = -70°$ et le rapport des pouvoirs rotatoires pour les deux raies bleue et jaune $\frac{\alpha_b}{\alpha_j} = 2,14$, comme dans l'acide cristallisé; 2° un *acide β-tartrique droit* pour lequel on aurait $\alpha_j = +15°$, $\frac{\alpha_b}{\alpha_j} = 1,30$, ces valeurs étant obtenues en extrapolant jusqu'aux dilutions infinies les résultats des mesures faites sur les solutions dans l'eau de diverses concentrations.

Je trouve excellente l'idée qu'a eue M. Longchambon d'identifier les cristaux *lévogyres* de l'acide *d*-tartrique (qui ont une dispersion normale) avec un des deux constituants d'Arndtsen, sous le nom d'acide α-tartrique. Mais l'autre constituant, appelé β-tartrique par M. Longchambon, existe-

(1) Séance du 19 mai 1924.

(2) Longchambon, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 951.

(3) Arndtsen, *Annales de Chimie et de Physique*, t. 54, 1858, p. 409.

t-il à l'état pur dans des solutions aqueuses très diluées? Voici comment on peut résumer les raisons qui empêchent d'admettre que la dilution dans l'eau puisse transformer complètement l'acide α en acide β.

a. Dans le cas analogue de la mutarotation du glucose on admet généralement que l'α glucose cristallisé (qui peut être considéré comme l'homologue inférieur de l'α-méthylglucoside) représente une des molécules qui interviennent dans les changements du pouvoir rotatoire; mais le produit final de la mutarotation est seulement un mélange en équilibre de α-glucose et de β-glucose et non du β-glucose pur (correspondant au β-méthylglucoside). Ce deuxième composé peut, toutefois, être séparé à l'état pur par la cristallisation dans l'eau à température élevée (100° par exemple).

b. Arndtsen admet que les deux composants qui donnent lieu à la dispersion anomale ont eux-mêmes une dispersion normale. Mais l'étude des courbes qui représentent le pouvoir rotatoire de l'acide tartrique à différentes dilutions ([1]) montre nettement que la dispersion rotatoire serait encore anomale pour une dilution infinie, puisque les rotations passeraient alors par un maximum pour $\lambda = 4500$ U.A environ.

c. Cette conclusion est appuyée par l'analyse mathématique de la forme des courbes de dispersion ([2]). Cette analyse montre que la valeur minima du rapport $\frac{\alpha_b}{\alpha_j}$ dans un composé à dispersion normale est obtenue quand la loi de Biot se vérifie, c'est-à-dire quand ce rapport a la valeur $\frac{(5780)^2}{(4358)^2} = 1,76$. Le corps que M. Longchambon propose d'appeler acide β-tartrique, et auquel il attribue, pour le rapport $\frac{\alpha_b}{\alpha_j}$, la valeur 1,30 seulement, doit par conséquent montrer une dispersion anomale et peut être lui-même, d'après l'hypothèse d'Ardntsen, considéré comme contenant deux sortes de molécules. Par conséquent il est plus correct de le considérer comme un mélange en équilibre d'acides α et β plutôt que comme de l'acide β pur.

d. L'acide β-tartrique lui-même n'a pas encore été isolé, mais on en connaît des dérivés : Ainsi l'émétique droit paraît être simplement un dérivé de l'acide β-tartrique droit hypothétique, car sa courbe de dispersion, tout à fait normale, est très bien représentée par la formule ([3]) :

$$[M] = \frac{142,78}{\lambda^2 - 0,04936}.$$

En le dissolvant dans un excès d'alcali il devient fortement lévogyre, mais donne à son tour une dispersion rotatoire normale

$$[M] = \frac{-89,48}{\lambda^2 - 0,06275}.$$

Ce produit lévogyre paraît être un dérivé de l'acide α-tartrique lévogyre de M. Longchambon.

([1]) LOWRY et AUSTIN, *Phil. Trans. Roy. Soc.*, A, t. **222**, 1922, p. 275.
([2]) LOWRY, *Trans. Chem. Soc.*, t. **103**, 1913, p. 1062 et suiv.
([3]) LOWRY et AUSTIN, *Phil. Trans. Roy. Soc.*, A, t. **122**, 1922, p. 304, 305, 308.

c. De même l'acide borotartrique, pour lequel

$$[M] = \frac{24.08}{\lambda^2 - 0,02458},$$

doit être un dérivé de son acide β-tartrique, puisque les anomalies causées par la présence simultanée des composants α et β en solution aqueuse disparaissent complètement quand on ajoute à la solution de l'acide borique en excès.

Nous conclurons donc, par conséquent, que les anomalies de la dispersion rotatoire de l'acide tartrique sont bien dues, comme le suggère M. Longchambon, à la présence simultanée des acides α et β-tartriques, mais que, tandis que l'acide α peut être séparé à l'état pur par cristallisation, l'isomère β n'a pu être jusqu'à présent séparé que sous forme de dérivés et n'est pas encore connu à l'état pur. En particulier la dilution par l'eau donne lieu, non pas à l'acide β pur, mais à un mélange en équilibre de deux isomères $\alpha \rightleftharpoons \beta$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Dimensions des molécules et poids moléculaires des protéines du sérum.* Note [1] de M. **P. Lecomte du Noüy**, présentée par M. Charles Richet.

Dans une Note précédente, nous avons sommairement exposé une méthode au moyen de laquelle il est possible de calculer les dimensions des molécules de substances solubles dans l'eau sous forme colloïdale. Nous avons donné les chiffres trouvés pour l'oléate de soude et pour l'albumine d'œuf cristallisable. Nous avons appliqué la même méthode à l'étude du sérum et de ses protéines, albumine et globulines. Cette Note a pour but d'exposer nos résultats.

Concentration :	$\frac{1}{120000}$.	$\frac{1}{130000}$.	$\frac{1}{140000}$.	$\frac{1}{150000}$.	$\frac{1}{160000}$.	$\frac{1}{170000}$.
Globulines totales	68,5	63,0	60,5	62,0	65,0	68,0
Albumine	66,0	68,0	60,0	72,0	71,5	71,0
Mélange 40 pour 100 globulines et 60 pour 100 albumine	68,0	66,0	63,0	66,5	66,5	-
Sérum total	-	65,0	63,5	67,5	68,0	68,0

Le minimum de la tension superficielle de solutions d'albumine et de globulines, dans de la solution de NaCl, à 0,9 pour 100 ($p_H = 7,6$ correspon-

[1] Séance du 7 avril 1924.

dant à celui du sérum total), apparaît au $\frac{1}{140000}$ (je rappelle pour mémoire que ce minimum s'observe dans des solutions parfaitement immobiles, au bout de deux heures, au moyen du tensiomètre précédemment décrit). Le tableau ci-contre donne les chiffres en dynes par centimètre à 20° C.

La couche monomoléculaire correspond au minimun de la tension superficielle, c'est-à-dire au $\frac{1}{140000}$. Mais l'expérience nous démontra l'existence de deux autres minima, l'un au $\frac{1}{190000}$, très net, l'autre, moins net, entre le $\frac{1}{75000}$ et le $\frac{1}{110000}$, la valeur moyenne étant $\frac{1}{95000}$. Or le rapport des concentrations minima extrêmes est très proche de $\frac{1}{2}$, tandis que le rapport des concentrations du minimum principal au $\frac{1}{140000}$ au minimum extrême à $\frac{1}{190000}$ est $\frac{4,07}{3} = 1,36$ environ. Il est donc logique de supposer, puisqu'à plus haute dilution aucun minimun ne se produit plus, que la concentration de $\frac{1}{190000}$ correspond à une couche monomoléculaire également, mais faite de molécules disposées *horizontalement* et non *verticalement* comme au $\frac{1}{140000}$. Le rapport de leur longueur à leur largeur serait donc 1,36. Le troisième minimum, moins bien défini, correspondrait alors (l'épaisseur de la couche absorbée étant double de celle existant au $\frac{1}{190000}$) à une double couche de molécules horizontales, probablement encombrée d'un assez grand nombre de molécules verticales.

Nous pouvons dès lors calculer non seulement la longueur des molécules, mais encore leur diamètre, et par conséquent, leur volume. Connaissant leurs densités respectives, nous obtenons leur poids, qu'il suffit de multiplier par le nombre d'Avogadro N pour avoir le poids moléculaire de la substance. Il est évident que la valeur de la méthode dépendra surtout de la forme que l'on attribuera aux molécules, que l'on pourra supposer cylindriques ou prismatiques, mais de toute façon l'ordre de grandeur sera le même.

Les calculs effectués donnent les résultats suivants :

	Longueur.	Epaisseur.	Poids moléculaire.
Albumine	$4,41.10^{-7}$ cm	$3,25.10^{-7}$ cm	36600
Globuline Totales ...	$4,32.10^{-7}$ cm	$3,18.10^{-7}$ cm	35000

Si la molécule est supposée cylindrique, le poids moléculaire de l'albumine est 28750 est celui des globulines totales : 27600. Pour ces calculs, nous avons pris la valeur de $N = 6,2.10^{23}$ (Millikan).

Il est à remarquer que Sörensen a donné, comme valeur du poids moléculaire de l'albumine d'œuf, 34000, et qu'il est probablement le seul qui

ait tenu compte dans ses mesures, de la concentration en ions H. La haute valeur de ces poids moléculaires est peut-être due au fait que 4^{mol} sont accolées, cette association correspondant à un état particulièrement stable. On pourrait alors admettre que, dans certaines conditions, la scission de ces molécules peut se produire. L'épaisseur d'une molécule d'albumine serait dans ce cas $1,62.10^{-7}$ cm, et sa longueur resterait égale à $4,41.10^{-7}$ cm. Son poids moléculaire serait 9150; et 8750 pour la moyenne des globulines. Lorsque 2^{mol} seraient associées, on trouverait comme poids moléculaire 18300 pour l'albumine et 17500 pour la moyenne des globulines. Ces derniers chiffres expliqueraient les valeurs trouvées par le calcul, par Mathews, et qui sont aux environs de 16000.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la filiation des polymétaphosphates.* Note [1] de M. **Paul Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Ainsi que nous l'avons déjà indiqué, le trimétaphosphate de sodium subit, à température élevée, une transformation très nette. On obtient à 607° un sel soluble précipitant la plupart des réactifs métalliques, mais, à température plus élevée, apparaît une petite quantité du sel insoluble de Kurrol qui rétrograde vers l'hexaméthylphosphate quand la fusion s'est produite; on aboutit alors rapidement à l'hexamétaphosphate pur.

Cette évolution comporte, comme nous venons de le reconnaître, le passage momentané du sel à l'état de tétramétaphosphate; mais la constatation directe du phénomène est rendue très difficile par la vitesse de retour au trimétaphosphate, et le fait nous avait échappé dès l'abord.

La meilleure manière de caractériser le tétramétaphosphate, annoncé par son état cristallin, sa non-hygroscopicité et l'aspect plus grenu de ses précipités, consiste dans l'étude de la conductibilité de ses solutions; on le distingue alors facilement de l'hexamétaphosphate, hygroscopique, beaucoup moins conducteur, et du trimétaphosphate dont tous les sels sont solubles.

Or, en chauffant le trimétaphosphate de sodium entre la température de transformation (607°) et le point de fusion (640°), puis en trempant brutalement au mercure, on obtient un sel intégralement soluble, dont les conductibilités à 25° satisfont, selon les conditions de l'expérience, aux diffé-

---

(1) Séance du 19 mai 1924.

rences extrêmes suivantes :

$$\lambda_{1024} - \lambda_{32} = 124,4 - 89,2 = 35,2,$$
$$\lambda_{1024} - \lambda_{32} = 124,0 - 90,3 = 33,7,$$

au lieu des valeurs

$$\lambda_{1024} - \lambda_{32} = 126,8 - 86,3 = 40,6,$$
$$\lambda_{1024} - \lambda_{32} = 119,4 - 89,3 = 30,1$$

qui correspondent respectivement au tétramétaphosphate et au trimétaphosphate purs. On pouvait songer à une trempe incomplète, et cette présomption s'est trouvée vérifiée de deux façons.

Tout d'abord on a constaté que le retour du sel précédent au trimétaphosphate s'effectuait :

En moins de 1 minute à	605°
4- 5 minutes	586
15-16 »	544
40-45 »	507

Dans ces conditions l'étroitesse du domaine d'existence des tétramétaphosphates (au plus égal à l'intervalle 607°-640°) expliquait les difficultés de la trempe.

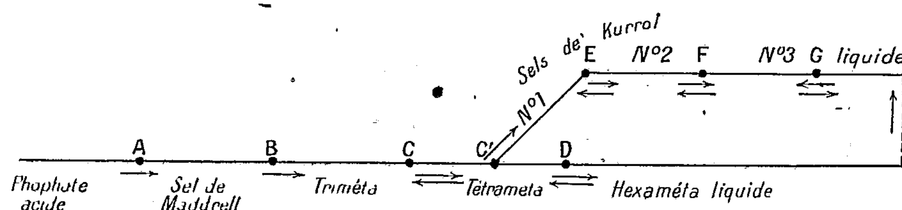
D'autre part, on a constaté directement sur le tétramétaphosphate pur que le chauffage au-dessous de 607° le ramenait à l'état de trimétaphosphate, et que la fusion le transformait en hexamétaphosphate.

Les mêmes phénomènes s'observent avec les sels de potassium, mais, cette fois, le trimétaphosphate donne surtout du sel insoluble de Kurrol et la proportion des formes solubles est trop faible pour provoquer la rétrogradation.

La filiation bifurquée : triméta- tétraméta- hexamétaphosphate, d'une part, et triméta- tétraméta- sel de Kurrol d'autre part se trouve donc bien établie. En tenant compte de la transformation possible du sel de Maddrell en trimétaphosphate, on voit donc que toute l'échelle des températures se trouve occupée par les domaines d'existence des polymétaphosphates bien définis. Les autres, parfois décrits de façon contradictoire, sont des mélanges incomplètement évolués, et la viscosité fréquente de leurs solutions tient à la présence des sels de Kurrol dissous à la faveur des variétés solubles.

Nous laissons hors de cause les monométaphosphates, préparés par nous il y a un an; ils traversent sans modification moléculaire toute l'étendue de l'échelle des températures.

On peut résumer tous ces faits dans le diagramme ci-dessous, où les flèches simples indiquent les transformations qui paraissent jusqu'ici irréversibles.



Les températures de transition sont les suivantes :

	A.	B.	C.	C'.	D.	E.	F.	G.
Métaphosphate de sodium.	250°	505°	607°	»	640°	595°	725°	810°
Métaphosphate de potassium..................	»	<170°	»	320°	960°	420°	505°	838°

Dans leur évolution complexe, les sels de potassium décrivent de préférence l'arc supérieur, tandis que les sels de sodium cheminent plutôt sur la branche inférieure du diagramme. Mais l'indépendance des deux routes n'est pas absolue et nous montrerons ailleurs que l'on peut saisir, au cours du chauffage des hexamétaphosphates solides ou liquides, une échappée momentanée vers les sels de Kurrol, au moins dans la zone des températures moyennes. Ce phénomène était d'ailleurs imposé par la possibilité de passer de l'hexamétaphosphate surfondu au sel de Kurrol cristallisé.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une anomalie cinétique observée dans la réduction du chlorure mercurique par le formiate de sodium.* Note (¹) de MM. **F. Bourion** et **E. Rouyer**, présentée par M. G. Urbain.

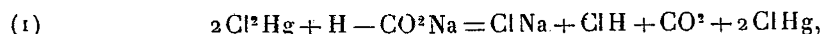
Dans un très intéressant travail d'ensemble où il s'est principalement préoccupé de trouver les relations entre les coefficients de température de vitesses de réactions catalysées et non catalysées, M. Dhar (²) a rencontré des exemples où l'ordre de réaction qui se dégage de l'étude cinétique est distinct de celui qui se déduit de l'équation de réaction.

Mais s'il est des cas où de telles anomalies, qui sont assez fréquentes,

(¹) Séance du 26 mai 1924.

(²) N.-R. Dhar, *Ann. de Chimie*, 9ᵉ série, t. 11, 1919, p. 130.

s'expliquent aisément, il en est d'autres où aucune interprétation n'a été donnée. C'est ce qui se produit notamment lors de la réduction du chlorure mercurique par le formiate de sodium, étudiée par M. Dhar,



$$(1) \qquad 2Cl^2Hg + H-CO^2Na = ClNa + ClH + CO^2 + 2ClHg,$$

que cette équation fait considérer comme trimoléculaire et que du point de vue cinétique, ce savant estime bimoléculaire.

Dans le but de rechercher l'origine de cette divergence, nous avons repris cette étude, en nous plaçant dans des conditions variées, pour voir si les résultats obtenus par M. Dhar ne tenaient pas aux liaisons particulières imposées par la méthode d'isolement d'Ostwald, qu'il a appliquée, en utilisant un excès de réducteur.

Nous avons en outre appliqué la méthode d'isolement avec un excès de chlorure mercurique, puis examiné la marche cinétique avec des proportions quelconques des deux substances, l'acide chlorhydrique formé étant neutralisé par de l'acétate de sodium introduit dans le mélange. Donnons les résultats relatifs aux trois séries suivantes :

Première série : $Cl^2Hg \frac{M}{80}$. $H-CO^2-Na \frac{M}{40}$;

Deuxième série : Cl^2Hg 0,215 M. $H-CO^2Na$ 0,0213 M. CH^3-CO^2Na 0,25 M;

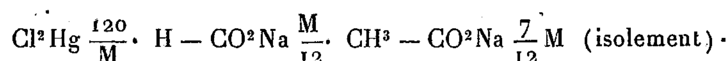
Troisième série : Cl^2Hg 0,0628 M. $H-CO^2Na$ 0,236 M. CH^3-CO^2Na 0,212 M.

Pour une évolution allant du tiers à la moitié environ de la masse de la substance la moins abondante introduite, k_1 décroît de 21,8 pour 100 (1re série), 12 pour 100 (2e série) et k_2 croît de 14,5 pour 100 (1re série), de 8 pour 100 (2e série); puis K_2 (ordre global) décroît de 17,5 pour 100, tandis que K_3 (ordre global) décroît de 86 pour 100 pour la 3e série.

Ces résultats, joints à beaucoup d'autres, confirment ceux de M. Dhar, et sont dans l'ensemble un peu plus favorables à une réaction bimoléculaire qu'à une réaction trimoléculaire; les coefficients k_1 et K_2 décroissent lentement, les coefficients k_2 et K_3 croissent un peu plus rapidement; mais les différences dans la variation relative de ces paramètres ne nous ont pas paru suffisantes pour tirer des conclusions certaines quant à l'ordre de la réaction.

Pour trancher la question, nous avons cherché s'il n'était pas possible de réaliser des conditions où l'on puisse observer une meilleure constance du coefficient de vitesse. Nous y sommes parvenus en employant un grand excès d'acétate ou de formiate de sodium. Voici des résultats relatifs à la

température de 50° :



Temps........	0'.	30'.	45'.	60'.	90'.	105'.	120'.
$a - x$.........	10	7,650	6,701	5,90	4,554	3,918	3,440
$k_1 \times 10^2$......	"	0,388	0,386	0,382	0,380	0,387	0,386
$k_2 \times 10^2$......	"	0,102	0,109	0,116	0,133	0,148	0,159

Le paramètre k_1 offre donc une constance remarquable, tandis que k_2 croît de 56 pour 100 du commencement à la fin de l'évolution.

En examinant à 40° des mélanges de concentrations en formiate 30 fois (1re série), 50 fois (2e série), 80 fois (3e série) plus grande que celle du chlorure mercurique de concentration $\frac{M}{120}$, nous avons observé pour une évolution allant du tiers aux deux tiers de la masse de Cl^2Hg introduite, que le coefficient k_1 décroît de 13,9 pour 100 (1re série), 5,3 pour 100 (2e série) et 4 pour 100 seulement (3e série), tandis que k_2 croît successivement de 29 pour 100 (1re série), 43,6 pour 100 (2e série) et 51,4 pour 100 (3e série).

La constance de k_1 s'observe donc plus vite en présence d'un excès d'acétate que de formiate; mais dans les deux cas, en présence d'un excès suffisant de sel alcalin, l'ordre est 1 par rapport au chlorure mercurique, et au total la réaction est sans ambiguïté bimoléculaire.

Ces résultats suggèrent l'idée que la réalisation d'une allure cinétique régulière est liée à la formation d'un complexe entre le chlorure mercurique et le sel alcalin.

Pour nous en rendre compte, nous avons appliqué la méthode ébullioscopique que nous avons décrite antérieurement, à des mélanges en proportions variables de chlorure mercurique et d'acétate de sodium, en ayant égard à l'association du chlorure mercurique (1), la méthode cryoscopique étant ici défaillante, par suite de la faible solubilité de ce dernier sel. On a :

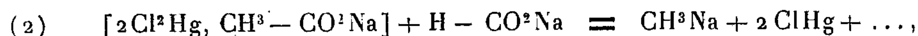
Volume p. 100 d'acétate.	15	20	30	33,3	40	50	60	70	80	90
Écarts...............	0,214	0,272	0,302	0,310	0,303	0,278	0,244	0,192	0,139	0,071

avec de très bons paliers et un maximum très net vers 33,3 d'acétate, caractérisant la combinaison $[2Cl^2Hg^1, CH^3 - CO^2Na]$.

(1) F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 154; t. 178, 1924, p. 86.

Nous admettrons par analogie l'existence d'un sel de même type, entre le chlorure mercurique et le formiate de sodium, que la méthode ébullioscopique ne saurait nous révéler.

Il est dès lors raisonnable d'interpréter les faits de la manière suivante : en présence d'un excès suffisant de sel alcalin pour que l'on puisse regarder le chlorure mercurique comme intégralement engagé dans une combinaison complexe, on aura :



(2) $[2Cl^2Hg, CH^3 - CO^2Na] + H - CO^2Na = CH^3Na + 2ClHg + \ldots,$



(3) $[2Cl^2Hg, H - CO^2Na] + H - CO^2Na = H - CO^2Na + 2ClHg + \ldots,$

et l'on doit observer une réaction bimoléculaire avec un coefficient de vitesse constant en accord avec l'expérience.

Si l'excès de sel alcalin est insuffisant, il reste un peu de molécule simple Cl^2Hg, les réactions (1), puis (2) ou (3) se produisent simultanément, la molécule Cl^2Hg étant plus rapidement détruite que la molécule complexe, le coefficient de vitesse correspondant étant vraisemblablement très supérieur à celui des réactions (2) et (3); de là, l'abaissement observé pour les paramètres k_1 ou K_2 lorsque le temps croît.

Il est hautement probable que la réaction (1) est trimoléculaire, comme le veut l'équation chimique; mais l'observation de la constante de K_3 est rendue impossible par la formation secondaire d'acide formique, qui réduit beaucoup plus lentement Cl^2Hg que les ions formiques $H - CO^2$.

MINÉRALOGIE. — *La kämmererite des chromites de Yougoslavie.* Note (1) de M. **Fran Tućan.**

On sait que dans les fentes et cavités de quelques chromites (2) se présentent parfois des minéraux du groupe des chlorites dans la constitution desquels entre une quantité plus ou moins grande de chrome. Ce sont : la kämmererite, le rodochrome, la kotchubéite. La kämmererite et le rhodochrome appartiennent tous deux au groupe de la pennine (3); le premier

(1) Séance du 26 mai 1924.

(2) Spécialement dans celles de l'Oural (Bissersk, le lac Itkul, aux environs de la rivière Iremel, près de Miask), en Pennsylvanie (comté de Lancaster, Texas), en Californie (Green Valley), en Écosse (île d'Unst), en Suède (Norbotten), en Styrie (Kraubat), en Grèce (île de Tinos). Cf. Hintze, *Handbuch der Mineralogie*, t. 2, Leipzig, 1897, p. 688.

(3) A. Des Cloizeaux, *Manuel de Minéralogie*, t. 1, Paris, 1862, p. 439 et 441.

se trouve soit en petits cristaux, soit en masses grenues ou fibreuses, le second en masses compactes ou écailleuses, tandis que la kotschubéite est à rattacher au clinochlore ([1]). C'est au chrome qui entre dans la constitution de ces chlorites qu'est due leur coloration rouge ([2]).

Les chlorites chromifères (spécialement les kämmererites) se sont développées aussi dans les fentes et cavités de certaines chromites de Yougoslavie. Elles y sont assez répandues. On les trouve en Bosnie, en Serbie, en Macédoine, d'ordinaire dans les serpentines qui dérivent par métamorphisme de la lherzolite. J'ai recueilli un assez grand nombre de ces chromites en Macédoine, aux environs d'Alchar et de Rojden, pour étudier leur nature chimique et leur genèse.

Ces chromites, tantôt à gros grain (par exemple, à Ela Virote au sud d'Alchar), tantôt à grain fin (Arnitchko à l'ouest de Rojden), renferment un minéral de couleur rouge qui s'est rassemblé entre les grains de la chromite ou qui recouvre d'une couche mince la surface des échantillons. Après séparation à l'aide de la liqueur de Thoulet ou bien à la pince, de la chromite pulvérisée, on voit que le minéral constitue de petites écailles de couleur lilas, à éclat nacré; les lames plus épaisses ont une teinte rouge et un éclat vitreux. Au microscope elles ont un polychroïsme faible, rose pâle parallèlement à la direction d'allongement des lamelles, rose très pâle presque incolore perpendiculairement. Dans les lames minces, le minéral est incolore. Les couches fibreuses donnent des teintes de polarisation bleues et le signe de l'allongement des fibres est positif. Les lames de clivages parallèles à la base sont toujours obscures entre nicols croisés; observées en lumière convergente, elles montrent une croix noire se disloquant légèrement.

Pour l'étude chimique et la détermination du poids spécifique, le minéral a été séparé à l'aide de la liqueur de Thoulet, d'une part de la chromite d'Ela Virote (analyse I); d'autre part, de la chromite d'Arnitchko (analyse II). J'ai obtenu les résultats suivants :

([1]) N. de Kokcharow, *Materialen zur Mineralogie Russlands*, t. 4, Saint-Pétersbourg, 1862, p. 132.

([2]) W. Vernadsky, *Zur Theorie der Silikate*, *Zeits. für Krist.*, t. 34, 1901, p. 53. Dans les chromites des Toplye Klyoutchi dans l'Oural, Arzruni fait mention de cristaux de kämmererite de couleur verte passant au bleuâtre. (*Ibid.*, t. 8, 1884, p. 330).

	I.	Rapports moléculaires.	II.	Rapports moléculaires.
SiO^2	33,03	5477	31,33	5195
Al^2O^3	7,20	704	8,28	810
Cr^2O^3	10,19	670	11,72	771
FeO	0,96	133	1,09	151
MgO	36,17	8970	34,73	8613
H^2O	12,88	7149	13,13	7287
	100,43		100,28	

Le minéral est donc de la kämmererite, et d'après ces analyses la formule de la kämmererite n° 1 serait $(Cr, Al)^2 Si^4 O^{22} Mg^6 H^{10}$, tandis que celle de la kämmererite n° 2 serait $(Cr, Al)^2 Si^3 O^{20} Mg^6 H^{10}$, ce qui correspondrait, d'après les idées de M. W. J. Vernadsky ([1]), à un mélange isomorphe d'un alumosilicate de magnésie et d'un chromosilicate de magnésie que l'on peut envisager comme des sels complexes acides de l'acide alumosilicique $Al^2 Si^4 O^{22} H^{22}$ et de l'acide chromosilicique $Cr^2 Si^3 O^{22} H^{22}$ pour la kämmererite n° 1, et des acides $Al^2 Si^3 (OH)^{18}.2 HO^2$ et $Cr^2 Si^3 (OH)^{18}.2 H^2O$ pour la kämmererite n° 2.

Ces kämmererites sont assez difficilement attaquables par l'acide chlorhydrique concentré. Après calcination au rouge blanc, leur poudre a été attaquée pendant 15 heures par cet acide qui a été ensuite porté à l'ébullition pendant une demi-heure; après plusieurs évaporations à sec il reste 7.45 pour 100 de kämmererite inattaquée. Sans chauffage préalable ce résidu est de 8,49 pour 100. Ces chlorites perdent leur eau à haute température; à 300°C., elles sont encore intactes.

La détermination du poids spécifique, par la méthode du pycnomètre a donné : 2,59 pour la kämmererite d'Ela Virote (à la température de 16°,5.) et 2,67 pour la kämmererite d'Arnitchko (à la température de 21°,5).

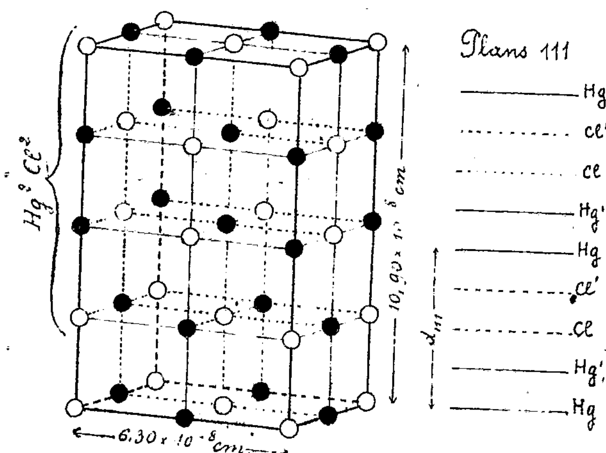
CRISTALLOGRAPHIE. — *Arrangement des atomes dans les cristaux de calomel.* Note ([2]) de M. **Ch. Mauguin**, présentée par M. Wallerant.

Les chimistes ne sont pas absolument d'accord sur la formule à attribuer au calomel : HgCl ou $Hg^2 Cl^2$. Opérant avec un produit rigoureusement

([1]) *Op. cit.*, p. 65, et *Bull. Acad. Imp. Sc.*, Saint-Pétersbourg, 1909, p. 1183.

([2]) Séance du 26 mai 1924.

sec, Baker (1) a trouvé une densité de vapeur correspondant à Hg^2Cl^2; mais il suffit d'une trace d'humidité pour que la densité s'abaisse de moitié; on suppose qu'il y a alors dissociation en $HgCl^2 + Hg$, mélange ayant exactement la densité d'une vapeur formée de molécules HgCl, quoique le fait ne soit pas établi en toute certitude.



Je me suis demandé si l'étude de la structure des cristaux au moyen des rayons X ne pourrait pas fournir quelque argument nouveau en faveur de l'une ou l'autre formule. Voici les résultats obtenus :

Le calomel a pour maille un prisme droit à base carrée dont les dimensions sont $a = 6{,}30 \cdot 10^{-8}$ cm, $c = 10{,}90 \cdot 10^{-8}$ cm. Tenant compte de la densité 7,14 du cristal, on trouve que cette maille renferme 8 atomes Hg et 8 atomes Cl.

Dans un réseau quadratique simple, l'équidistance des plans réticulaires (pqr) est donnée par la formule générale $d_{pqr} = \dfrac{a}{\sqrt{p^2 + q^2 + \dfrac{a^2}{c^2} r^2}}$. Les équidistances des plans réticulaires du calomel suivent une loi plus compliquée. On a trouvé en effet :

d_{pqr}, pour les plans à trois indices impairs (111, 113, 131, ...);

$\frac{1}{2} d_{pqr}$, pour les plans dont l'indice r relatif à l'axe vertical est pair (100, 110, 102, ...);

(1) Baker, *Journ. Chem. Soc, Trans.*, t. 77, 1900, p. 646-648.

$\frac{1}{4} d_{pqr}$, pour les plans ayant un indice r impair mais où un autre indice est impair (001, 101, ...).

Les plans ayant un ou deux indices pairs donnent des spectres dont l'intensité décroît régulièrement quand on passe d'un ordre au suivant.

Les plans à trois indices impairs se comportent comme ceux du diamant : absence du spectre de deuxième ordre; le spectre de quatrième ordre est plus intense que celui de troisième ordre.

On rend compte de toutes ces particularités par la structure représentée sur la figure où les cercles blancs désignent par exemple les atomes Cl, les cercles noirs les atomes Hg. Les 16 atomes de la maille ont pour coordonnées

Cl	$0\ 0\ 0$	$0\ 0\ \frac{1}{4}$	Hg	$0\ 0\ \frac{1}{2}$	$0\ 0\ \frac{3}{4}$
	$0\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}$	$0\ \frac{1}{2}\ \frac{3}{4}$		$0\ \frac{1}{2}\ 0$	$0\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{4}$
	$\frac{1}{2}\ 0\ \frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}\ 0\ \frac{3}{4}$		$\frac{1}{2}\ 0\ 0$	$\frac{1}{2}\ 0\ \frac{1}{4}$
	$\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ 0$	$\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{4}$		$\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ \frac{3}{4}$

(les arêtes de la maille étant prises pour unités).

Cette structure rappelle un peu celle du chlorure de sodium, mais les rangées verticales au lieu de la suite alternée ClNaClNa offrent la suite ClClHgHgClClHgHg....

Les intervalles entre les plans réticulaires suivent bien la loi qui a été indiquée plus haut.

L'allure régulière de la réflexion des rayons X sur les plans à un ou deux indices pairs (100 par exemple) est une conséquence du fait que ces plans, portant à la fois les deux sortes d'atomes (HgCl), sont tous identiques entre eux séparés par des intervalles constants.

Les plans à trois indices impairs (111 par exemple) ne renferment qu'une sorte d'atomes Hg ou Cl; ils se suivent à des intervalles égaux avec un ordre de succession que nous représenterons par HgHg', ClCl', HgHg', ... Les plans Hg' étant au quart de l'intervalle qui sépare les plans Hg, supposons l'incidence des rayons X telle que la différence de marche entre les ondes réfléchies par deux plans Hg consécutifs soit égale à 2λ (réflexion du deuxième ordre). Entre les ondes réfléchies par un plan Hg et un plan Hg' voisins, la différence de marche sera $\frac{\lambda}{2}$; les vibrations réfléchies par les

plans Hg′ annuleront par interférence les vibrations réfléchies par les plans Hg. De même les vibrations réfléchies par les plans Cl′ annuleront les vibrations réfléchies par les plans Cl. D'où disparition complète du spectre de deuxième ordre. Dans le quatrième ordre, il y aura au contraire accord de phase entre les vibrations réfléchies par tous les plans Hg ou Cl; le spectre de quatrième ordre se trouvera ainsi renforcé. Bref, la structure rend compte de tous les faits observés.

Entre un atome Hg et un atome Cl voisins placés sur une même rangée verticale, la distance est $2,72.10^{-8}$ cm, tandis que la distance entre un atome Hg et les atomes Cl voisins placés sur des rangées verticales différentes est $3,15.10^{-8}$ cm. La distance la plus petite doit correspondre à une liaison des atomes plus intime. Il paraît assez naturel d'admettre qu'une suite Cl Hg Hg Cl prise sur un axe vertical représente une molécule de calomel qui recevrait alors la formule Hg^2Cl^2.

Je montrerai dans un autre Recueil comment cette structure rend compte des clivages du calomel.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence du Danien et de l'Éocène inférieur en Transcaucasie méridionale; limite entre le Secondaire et le Tertiaire.* Note de M. **Pierre Bonnet**, présentée par M. Henri Douvillé.

On a considéré jusqu'à présent, en se basant sur les travaux d'Abich, que la limite entre le Secondaire et le Tertiaire en Transcaucasie méridionale était marquée par une lacune englobant la fin du Crétacé et le commencement de l'Éocène; elle se serait traduite par la discordance angulaire du Nummulitique moyen transgressif, avec puissant conglomérat de base, sur le Maestrichtien redressé.

Mais j'ai constaté que cette lacune n'existe pas dans les parties les plus bathyales du centre du massif. Là, en effet, j'ai pu observer sa réduction progressive ainsi que l'atténuation de la discordance, qui finit par disparaître totalement. J'ai pu relever quelque coupes où, *entre le Maestrichtien à* Stegaster *et le Nummulitique moyen à* Num. aturicus, *signalés par Abich, s'intercalent en concordance des formations encore inconnues ici, comprenant le Danien et l'Éocène inférieur* (1).

---

(1) C'est à M. H. Douvillé que je dois la détermination des fossiles cités dans cette Note de l'Éocène inférieur; c'est donc à lui qu'est due la confirmation paléontologique de l'existence des formations de cet âge.

Voici, en effet, la succession concordante dont j'ai pu observer les termes successifs :

Éocène moyen.....	b. Calcaires à *Num. aturicus* Joly et Leym. a. Calc. cristallins blancs à *Num. distans* Desh.
Éocène inférieur...	b. Calc. cristallins à *Discocyclina* cf. *Archiaci* Schl., *D. Douvillei* Schl., fragments de Lamellibranches. a. Calc. gréseux bréchoïde à rares Discocyclines, Lithothamniées, Bryozoaires, localement Huîtres.
Montien ?..........	Grès jaunes rosés à débris charbonneux formant localement lignites, tubes de vers.
Danien............	Calc. gris compacts à *Isopneustes* (*I. aturicus* Seunes, *I. Gindrei* Seunes), *Coraster sphœricus* Seunes.
Maestrichtien......	Calc. jaunes à *Stegaster*.

En raison de la présence du Danien et de l'Éocène inférieur certains, la limite entre le Secondaire et le Tertiaire se place évidemment entre ces deux termes, soit au-dessus, soit au-dessous des couches gréseuses à restes végétaux. L'absence de tout élément paléontologique caractéristique dans ces grès ne permet pas de trancher péremptoirement la question de leur rattachement soit au sommet du Danien, soit au Montien; mais leur passage lithologiquement insensible à la base de l'Éocène inférieur les soudant intimement à cette formation semble militer en faveur de leur attribution au Tertiaire. Celle-ci paraît d'autant plus plausible que, dans les régions néritiques, l'Éocène moyen transgressif et discordant sur le Crétacé présente à la base des grès roses semblables surmontant des conglomérats; par contre, je n'ai jamais rencontré de formations analogues dans le Crétacé supérieur. Il est donc logique de les ranger dans le Montien et de faire débuter ici le Tertiaire par ces couches gréseuses littorales, avec lesquelles change brusquement le régime bathyal du Danien, et qui passent insensiblement aux couches littorales de la base de l'Éocène inférieur.

Quoi qu'il en soit de leur attribution au Crétacé ou à l'Éocène, il résulte de l'examen de cette coupe qu'*il existe toujours en Transcaucasie méridionale, à la limite du Secondaire et du Tertiaire, même dans les parties profondes à série concordante et continue, des contre-coups des mouvements antélutétiens*. Ces derniers, sans atteindre dans ces points l'ampleur de véritables mouvements orogéniques et provoquer des plissements, lacunes et discordances, comme dans les parties néritiques, sont néanmoins suffisamment importants pour y amener, entre le Crétacé et l'Éocène, un brusque exhaussement du fond, établissant temporairement pendant cette

période-limite un stade littoral avec grès à pistes et débris de plantes.

Cet exhaussement a pour résultat l'anéantissement des faunes crétacées d'Échinides; aussi, lors de l'approfondissement graduel de l'Éocène assistons-nous, avec l'arrivée des eaux transgressives, à l'apparition cryptogène d'une nouvelle faune planctonique tertiaire, sous forme d'Orthophragmines d'abord et de Nummulites ensuite. Il en résulte donc que malgré la continuité des dépôts entre le Crétacé et l'Éocène, dans ces régions bathyales, la limite paléontologique est aussi nettement tranchée que dans les parties néritiques.

De plus, j'ai observé dans les régions semi-bathyales septentrionales, groupées au voisinage des rebroussements secondaires de la ligne des volcans, un type intermédiaire particulier, formant le passage entre les deux précédents. La série Maestrichtien-Éocène moyen est encore représentée, continue et concordante; mais l'Éocène inférieur, et même la base de l'Éocène moyen sont différents; pauvres en fossiles, ces formations accusent, par la nature détritique de leur faciès, l'absence d'Orthophragmines, la présence de Nummulites granuleuses, un caractère beaucoup plus littoral que dans les régions bathyales. Les coupes que j'ai relevées peuvent se résumer ainsi :

Éocène inférieur...	*c*. Grès avec éléments volcaniques, rares Nummulites roulées, parmi lesquelles *Num. Lucasi* Defr.
	b. Grès avec éléments volcaniques, *Num. uroniensis* (de la Harpe) Arn. Heim, très rare, dents de *Lamna*.
	a. Grès grossier, glauconieux, très rares débris d'Huîtres.
Montien?..........	Flysch gréseux gris, sans restes organiques, avec fucoïdes et traces mécaniques.
Danien............	Calcaires gris compacts, rares fragments d'*Isopneustes*.

J'ai constaté en outre que, dans l'Éocène inférieur, les matériaux volcaniques et la glauconie augmentent, et le caractère littoral s'accentue vers la ligne de rebroussement volcanique secondaire d'Akhmangan. Il semble donc qu'il existait dans cette partie du massif un haut-fond occupé par un centre éruptif qui aurait fonctionné précisément à l'époque des mouvements antélutétiens, et il est permis d'admettre qu'à son voisinage immédiat se réalisait le type avec lacune stratigraphique englobant le Montien et l'Éocène inférieur, lacune qui serait comblé par des formations volcaniques.

En résumé, j'ai constaté que le passage entre le Secondaire et le Tertiaire en Transcaucasie méridionale est représenté selon trois modes différents, dont un seul était connu jusqu'ici, et que ces trois types, qui se ren-

contrent en différents points épars de la Mésogée, sont réalisés ici dans une seule et même région. J'ai pu établir de plus qu'ils sont ici fonction des conditions bathymétriques, intimement liées, pour cette période-limite comme pour les périodes précédentes aux rebroussements volcanisés.

On peut donc schématiser l'ensemble de la façon suivante :

1° *Type néritique*, près des rebroussements, *avec mouvements orogéniques antélutétiens provoquant une lacune Danien-Éocène inférieur*. Type déjà connu et le plus fréquemment réalisé ici, comme aussi d'ailleurs dans toute la Mésogée.

2° *Type bathyal*, vers le milieu des arcs, *avec série continue et concordante du Maestrichtien au Nummulitique; sans mouvements orogéniques*, mais avec contre-coup de ces mouvements provoquant un stade régressif littoral gréseux à plantes entre le Danien et l'Éocène inférieur. Type difficilement observable, cantonné dans les synclinaux, très rarement connu dans la Mésogée.

3° *Type intermédiaire*, avec série également concordante, mais épisode littoral gréseux régnant pendant tout l'Éocène inférieur, persistant au début de l'Éocène moyen, et révélant par la présence d'éléments volcaniques remaniés dans les grès, l'existence d'éruptions contemporaines des mouvements antélutétiens.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Rubiacées. Développement de l'embryon chez le* Sherardia arvensis *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

La méthode, qui a servi à donner une définition du type embryonnaire des Solanacées ([1]) et à rattacher à ce type l'embryon du *Linum catharticum* ([2]) permet encore de faire entrer dans le même cadre l'embryon du *Sherardia arvensis*.

Comme chez le *Solanum*, il se constitue, dans cette espèce, aux dépens du proembryon bicellulaire (*fig.* 1), une tétrade proembryonnaire de quatre cellules superposées (*fig.* 2). Celle-ci, par bipartition de ses quatre éléments constitutifs, donne naissance à un proembryon octocellulaire, qui peut revêtir deux aspects différents,

([1]) R. Souèges, *Recherches sur l'embryogénie des Solanacées* (*Bull. Soc. botanique de France*, t. 69, 1922, p. 163, 236, 352, 555).

([2]) R. Souèges, *Embryogénie des Linacées. Développement de l'embryon chez le* Linum catharticum *L.* (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1307).

selon que la cellule terminale, *l*, se segmente verticalement (*fig.* 4, 6) ou horizontalement (*fig.* 5, 7).

La mode de construction de toutes les formes proembryonnaires, que l'on rencontre ultérieurement, peut être interprété en prenant pour base l'un ou l'autre de ces deux

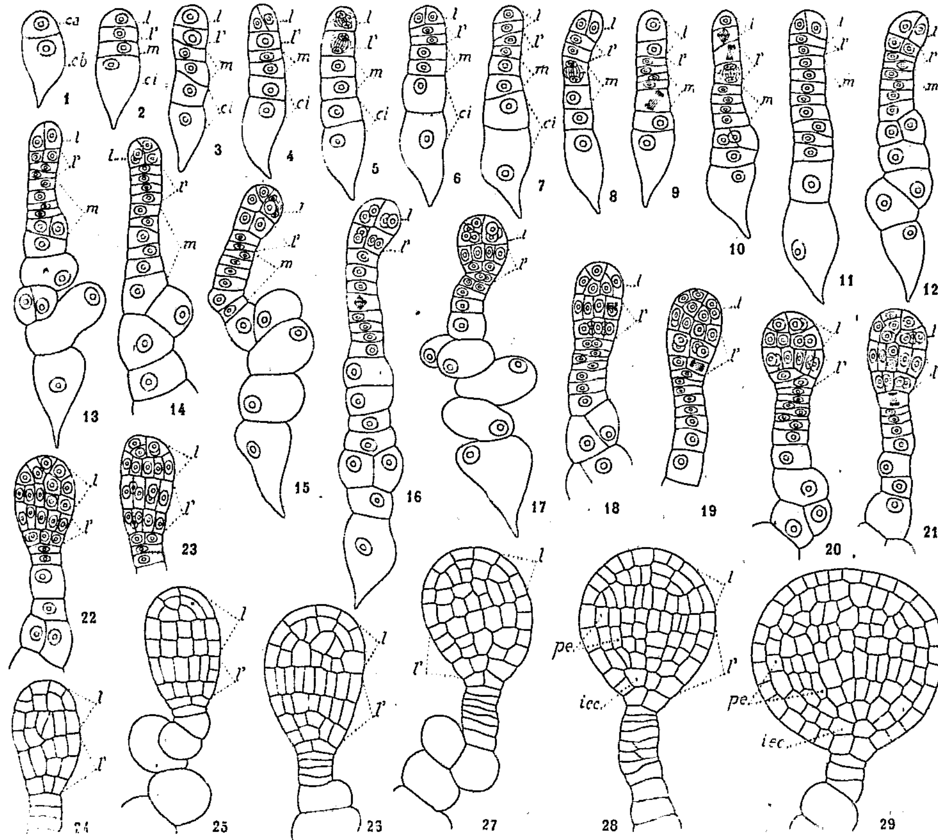


Fig. 1 à 29. — *Sherardia arvensis* L. — Les principales étapes du développement de l'embryon: *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *l*, cellule-fille supérieure de *ca*, engendrant la partie cotylée; *l'*, cellule-fille inférieure de *ca*, donnant naissance à la partie hypocotylée; *m*, cellule-fille supérieure de *cb*, produisant le primordium de la coiffe et la portion moyenne, rétrécie, du suspenseur; *ci*, cellule-fille inférieure de *cb*, surtout génératrice des éléments vésiculeux du suspenseur; *pe*, périblème; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire. G. = 290.

types octocellulaires. Par exemple, les proembryons représentés en 8, 12, 13, 14 se rattachent nettement au type octocellulaire à sept étages de la figure 6 et présentent à leur tour deux variations importantes dant le mode de cloisonnement des deux cellules superposées dérivées de l'élément *l'* : le plus généralement, la cellule-fille supérieure de cet élément se segmente verticalement (*fig.* 12, 13); dans d'autres cas, elle se divise horizontalement comme sa sœur, pour donner deux nouveaux éléments superposés

(*fig.* 14); enfin parfois, les deux cellules-sœurs superposées se partagent par une paroi méridienne en deux éléments juxtaposés.

Au type octocellulaire à huit étages de la figure 7 se relient les proembryons représentés en 9, 10 et, sans aucun doute, beaucoup d'autres, plus âgés, que l'on ne peut, passé ce stade, c'est-à-dire après formation de la première cloison longitudinale dans la cellule du sommet, différencier des précédents. Il est nécessaire d'ajouter que certaines formes, par exemple celle qui se trouve représentée en 15, paraissent devoir se rattacher à un proembryon octocellulaire à six étages, comprenant en *l'* deux éléments juxtaposés. Ce proembryon qui serait identique à celui qui se différencie, de manière constante, chez les *Nicotiana*, n'a pas été rencontré chez le *Sherardia arvensis*.

D'une manière générale, on peut établir que l'élément *l* de la tétrade, après s'être cloisonné longitudinalement ou transversalement, donne naissance, abstraction faite de l'épiderme, à trois ou quatre assises cellulaires aux dépens desquelles s'édifie la partie cotylée (*fig.* 17 à 28); que l'élément *l'*, par subdivision plus ou moins précoce en deux, trois ou quatre assises horizontalement disposées, engendre la partie hypocotylée et les initiales de l'écorce au sommet radiculaire (*fig.* 17 à 28); que l'élément *m*, en se partageant par un nombre indéterminé de cloisons transversales, donne une série de cellules très aplaties, dont la supérieure préside incontestablement à la construction du primordium de la coiffe, tandis que toutes les autres entrent dans la constitution du suspenseur; que l'élément *ci*, enfin, produit la portion la plus importante de ce dernier organe, dont les cellules se renflent en forme de vessie, se disloquent plus ou moins et occupent, au sein de l'albumen, les positions les plus variées (¹).

A partir du stade octocellulaire, il n'est pas possible de fixer les limites exactes des parties du corps proembryonnaire qui dérivent des quatre premiers blastomères. A cet égard, les observations qui ont été présentées au sujet des *Datura* et des *Solanum*, quant à l'interprétation du mode de construction des formes proembryonnaires, pourraient être reproduites au sujet du *Sherardia arvensis*. Dans ce dernier cas, comme dans les deux précédents, cette interprétation n'est le plus souvent qu'hypothétique, étant données la diversité et parfois la complexité des formes que l'on rencontre et dont les figures 10 à 29, trop peu nombreuses, ne peuvent donner qu'une idée bien incomplète.

On peut dire en terminant que les analogies, qui se dégagent de ces variations multiples, paraissent être, entre les Solanacées et le *Sherardia arvensis*, une cause de rapprochement tout aussi importante que celle qui résulte de l'identité des processus des premières segmentations. On peut ajouter, en outre, que le type embryonnaire des Solanacées, qui, en raison de ses irrégularités, semblait tout d'abord aberrant et exceptionnel, prend maintenant une signification réelle, revêt une entité véritable, puisqu'il se trouve déjà représentatif d'un groupe de formes appartenant à trois familles différentes.

(¹) Voir F. E. LLOYD, *The comparative embryology of the Rubiaceæ* (*Memoirs of the Torr. bot. Club*, t. 8, 1899-1902, p. 1).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action des formiates sur la croissance de certaines plantes cultivées en pot.* Note de M. **Charles Richet** fils, présentée par M. Charles Richet.

Nous ne relaterons ici que les expériences faites avec les formiates de soude et de chaux sur le blé (variété Blé de Noé) et l'orge (variété Chevallier); les expériences faites avec les formiates d'ammoniaque, de magnésie et de fer, ou avec l'acide formique, ne nous ayant donné que des résultats décevants.

Nous mettions de la terre dite de jardin dans des pots de 200^{cm^3} et 30^{cm^2} environ de surface. Nous les ensemencions de 7 à 10 grains d'orge ou de blé chacun. Chaque série comprenait 10 pots et 10 témoins.

Les formiates de soude ou de chaux étaient dissous dans une certaine quantité d'eau avec laquelle nous arrosions les pots; dans quelques expériences nous avons mis une quantité déterminée de formiate sec dans les pots. La quantité minima fut de 10^{mg}, la quantité maxima de 1g.

Au bout de quelques jours, généralement 18 pour l'orge et 25 pour le blé, nous comptions le nombre de germes poussés et nous pesions la récolte (c'est-à-dire l'ensemble des tiges). Nous n'avons jamais attendu que les plantes aient atteint leur maturité. Nos expériences étaient faites dans le laboratoire, à une température oscillant entre 12 et 18°, d'octobre 23 à mars 24.

Il est à noter que, dans nos toutes premières expériences, nous avons omis de compter le nombre de germes poussés et nous n'avons fait que peser la récolte.

Nous avons fait 27 expériences : nous n'en avons éliminé aucune. Pour chaque série d'expériences nous donnons trois chiffres : le premier représente le poids total de la récolte; le deuxième, le nombre de tiges; le troisième, le poids moyen de chaque tige.

Il nous paraît prudent, vu la méthode employée, de ne tenir compte dans nos conclusions que des différences notables.

I. De l'ensemble de nos 27 expériences ressortent les chiffres suivants (les témoins étant par définition égalisés à 100) :

Poids total	117
Nombre de tiges	113
Poids moyen de chaque tige	103

Ainsi l'*augmentation moyenne du poids d'une récolte quand on ajoute à la terre du formiate est de* 17 *pour* 100. Cette augmentation porte exclusivement sur le nombre des germes qui ont poussé : elle ne porte presque pas sur le poids de chaque tige.

II. Si l'on groupe nos expériences en deux séries : la première, dans laquelle on a mis du formiate en même temps que la graine (13 expériences); la deuxième (14 expériences), où l'on a mis le formiate quelques jours après l'ensemencement 4 à 17 jours après) lorsque les graines commençaient à germer, on a les chiffres suivants :

113-112-101 contre 119-115-103.

D'où la seconde conclusion : *les formiates agissent sensiblement de la même façon, qu'on les mette dans la terre au moment de l'ensemencement ou au début de la germination.*

III. *Les résultats sont très comparables avec le blé et avec l'orge.*

On a avec le blé (22 expériences) les chiffres

118-116-101

et avec l'orge (5 expériences)

110-105-114.

IV. Si l'on dissocie l'action du formiate de soude et du formiate de chaux, on a les chiffres suivants, qui indiquent que l'action de l'un ou l'autre de ces formiates est comparable.

Formiate de soude (11 expériences) :

119-102-105;

Formiate de chaux (16 expériences) :

114-115-99.

V. En groupant les expériences d'après la quantité de formiate, on a

Premier groupe : 10^{mg} (5 expériences)................	102-101-101
Deuxième groupe : de 10 à 50^{mg} (12 expériences).......	126-115-106
Troisième groupe : de 50^{mg} (10 expériences)..........	114-112-101

Avec 10^{mg} *par pots, l'action du formiate est insignifiante, l'optimum est atteint vers* 30^{mg} *et ne baisse que lentement; l'action est encore évidente à* 260^{mg} par pots, et elle ne devient nulle que vers 1^{g}.

Cette action des formiates sur les plantes est intéressante à rapprocher de l'action qu'on leur a attribuée (sans preuves d'ailleurs) sur l'homme.

Nous n'avons pu observer leur transformation en formol. Cependant il nous paraît évident que les formiates n'agissent pas à la manière des engrais. Ils n'augmentent pas le poids de chaque plante, mais ils permettent la germination d'un plus grand nombre de graines.

ANTHROPOLOGIE PRÉHISTORIQUE. — *Utilisation d'une illusion d'optique d'ordre photographique pour l'étude des sculptures sur rochers préhistoriques.* Note (¹) de M. **Marcel Baudouin**, présentée par M. Charles Richet.

Depuis vingt ans, j'ai photographié un très grand nombre de pierres à cupules, c'est-à-dire à cavités, en forme de coupes, creusées par l'Homme néolithique, ou accidentelles et travaillées ultérieurement.

Quand on prend un négatif photographique de ces sculptures, on obtient la meilleure épreuve, lorsque le cliché a été fait parallèlement à la surface de la pierre, c'est-à-dire quand l'axe de l'objectif est normal à l'ouverture des cupules, qui, alors, ont un contour très régulier, net et non déformé par une prise de vue oblique. Le jeu des ombres au fond de la cavité — surtout quand on opère en plein air et au soleil — est parfait et permet alors de se rendre bien compte de la forme et du mode de fabrication des cupules (*Polissage* terminal, etc.).

Supposons réalisée une parfaite épreuve positive sur papier, placée devant nos yeux, en position archéologique, c'est-à-dire le haut de la photographie correspondant au haut de la pierre. Nous distinguons admirablement alors tous les creux, bien isolés, et leurs caractères propres.

Mais fermons les yeux un instant, et, pendant ce temps, retournons l'épreuve sur papier de 180°; puis rouvrons brusquement les yeux, en regardant la photographie.

Alors, chose étonnante et qui surprend tous ceux qui font cette simple expérience, les creux (cupules) apparaissent sous forme de *boutons* très saillants, en segments de sphère et forment des *reliefs* très distincts. Autrement dit, *on voit en relief ce qui était en creux*... Illusion d'optique, certainement.

On remarque parfois alors des *sillons* saillants, correspondant dans la réalité à de minces *rainures*, qui avaient échappé à la vision normale, et même de nombreux détails de sculpture, qui n'avaient pas frappé tout d'abord, se montrent. *L'œil*, par conséquent, *apprécie bien mieux les saillies que les cavités*. Le rayon visuel suit plus facilement une surface sphérique *convexe* que *concave*.

J'ai répété l'expérience sur des *photographies quelconques*, non faites par moi-même et provenant de la Dordogne, du Sénégal, de l'Isère, du Cal-

(¹) Séance du 7 avril 1924.

vados, etc., même quand on opère sur des *moulages* en plâtre, des cupules, et même s'il s'agit d'épreuves tirées en *simili-gravure* par une imprimerie sur papier glacé, et bien entendu des photocollographies.

J'ai retrouvé le même phénomène sur des photographies de *meubles* provinciaux, à *bossages* très accentués; les saillants des positifs d'armoires, mais la tête en bas, deviennent des cavités! Le fait est patent, surtout pour les *monnaies*.

Cette illusion d'optique paraît due au jeu des ombres enregistrées par la lumière.

Parfois, dans des conditions très spéciales, elle se produit même en ne retournant le positif sur papier que de 90°, au lieu de 180°. C'est la même chose, qu'on opère avec un seul œil ou les deux yeux ouverts. L'éclairage du positif joue, en outre, un certain rôle. Il faut qu'il soit à droite ou à gauche suivant les cas.

Sur des positifs sur verre pour stéréoscope, le même phénomène se produit. C'est ainsi que, sur une épreuve de cercles gravés, à bouton central, du rocher de Keuz-Samaro, Sénégal, on voit, sur le cliché, le bouton en *creux* et le cercle creux en *relief!* Le même verre dans le stéréoscope, renverse les choses...

On peut observer, sur d'autres clichés de même origine et de même sorte, des rainures de cuvettes de polissoir, qui se montrent en relief et non en creux. L'effet obtenu est très frappant et absolument inattendu.

Le même phénomène s'observe, très aisément encore, sur certaines illustrations d'ouvrages techniques, obtenues à l'aide de similigravures (phototypie à la demi-teinte, etc.). Citons quelques exemples.

Dans un ouvrage sur *La Terre*, où il a reproduit des photographies de *gouttes de pluie*, un auteur, M. Robin, a formellement signalé le fait (p. 4), au demeurant, sans d'ailleurs insister sur le silence des auteurs à ce propos et sur la théorie de cette illusion d'optique.

Il est facile à constater encore sur les catalogues de vente, où des Fossiles, des Monnaies, des Tableaux, sont représentés en photogravures.

Un cas ancien m'a surtout frappé.

Dans un article de Lemesle et Peron (*A. F. A. S.*, 1880, p. 530-531), sur des prétendues empreintes de Pas d'oiseaux [1], la même illusion d'optique s'observe très nettement.

---

[1] Je considère ces pseudo-empreintes comme de vulgaires gravures sur rochers néolithiques, du type des *cavités pédiformes* de l'ouest de la France.

Or, si on lit le texte qui entoure les deux figures d'empreintes, c'est-à-dire si l'on regarde comme il convient ces dernières, on les voit *en relief*, et non en *creux* : ce qui jure avec le terme « *empreinte* », qui indique une cavité!

Mais si l'on retourne brusquement le volume de 180°, c'est-à-dire si l'on regarde les figures la tête en bas, on les voit bien en *creux*. Cela prouve seulement que les similigravures ont été *inversées* par le metteur en pages! Personne ne s'en est aperçu alors.

Mais, si l'examen la tête en bas se poursuit, les creux se transforment à nouveau en relief, surtout si, au lieu d'examiner ces figures à la lumière du jour, on les regarde le soir, à la clarté d'une lampe.

Peu importe au demeurant, en préhistoire, la théorie du phénomène. Ce que je veux surtout indiquer ici, c'est qu'il m'a donné l'idée d'étudier toujours désormais les Cupules sur pierre non pas sur le rocher même, mais au Laboratoire, et sur l'*empreinte en plâtre* prise quand on veut mouler des sculptures.

Cette épreuve négative en matière solide, facile à palper, donne bien entendu des reliefs, au lieu de creux. Et, alors, au *toucher* comme à la vue, on en distingue bien mieux toutes les particularités.

C'est ainsi que j'ai découvert que certaines cupules et certaines gravures de pieds humains, présentaient des *cupulettes*, des *rayons* divergents et de petites *rainures* presque impossibles à dépister sur les creux ou sur le terrain, et qui m'avaient jusqu'alors échappé malgré des examens très attentifs et plusieurs fois répétés (*Pied de Clisson*, etc.).

J'ajouterai que l'étude, à la pulpe du doigt, des reliefs, donne des sensations plus précises les yeux fermés que la vue elle-même des cavités correspondantes sur le positif. D'où l'aphorisme pratique : « Sur les rochers c'est à l'aide du *palper* qu'il faut faire les recherches. Le *toucher*, en l'espèce, *vaut mieux* que la *vue*. »

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Quelques observations sur les changements de la réaction des sérums.* Note de MM. **Harry Plotz** et **M. Schoen**, présentée par M. Roux.

Nos essais ont porté sur des sérums recueillis et conservés aseptiquement. Les mesures ont été faites dans des vases à électrode oscillants de Clark et à l'aide d'un potentiomètre de grande précision permettant la lecture directe du P_H.

Les essais faits avec du sérum normal de cheval ont fait voir que ce sérum, dont la réaction, on le sait, est presque neutre immédiatement après la coagulation du sang et qui varie légèrement d'un échantillon à l'autre ($P_H = 7,255$-$7,345$), devient de plus en plus alcalin lorsqu'il est exposé, en tubes ouverts, à la température de 37°. Ainsi, le P_H d'un sérum de cheval, dont la réaction initiale correspond à $P_H = 7,255$, monte à 8,28 après 5 jours et à 8,725 après 10 jours de séjour à 37°. L'augmentation de l'alcalinité progresse graduellement jusqu'à un certain maximum; la réaction se maintient alors avec de légères fluctuations. Des résultats analogues ont été enregistrés avec des sérums de lapin, de cobaye et de chien.

Les essais faits en vue de déterminer l'influence de la température sur l'alcalinisation des sérums ont montré que, à 0°, l'alcalinisation est peu marquée et qu'elle se produit très lentement. A la température du laboratoire (16-18°), l'augmentation du P_H est plus sensible et la marche de l'alcalinisation plus rapide. Les nombres trouvés avec le sérum conservé à 41° sont sensiblement analogues à ceux qu'on a observés avec le sérum conservé à 37°.

La surface du sérum en contact avec l'air, ainsi que la hauteur de la colonne du sérum dans les tubes, influent également sur la vitesse de l'alcalinisation. Plus la surface est large, et moins la hauteur de la colonne est grande, plus rapide est la marche de l'alcalinisation.

L'augmentation du P_H se produit également dans des sérums dilués avec de l'eau physiologique, dont on fait fréquemment usage en bactériologie. Cependant, la vitesse de l'alcalinisation est nettement plus lente dans les sérums dilués que dans les sérums normaux.

Il résulte de ces observations que tous les facteurs qui favorisent la dissociation des bicarbonates et le départ de CO^2 contenus dans le sérum et qui constituent la partie la plus importante de ses *tampons*, contribuent à l'augmentation de son P_H. Le P_H du sérum va-t-il se maintenir constant si l'on arrive à empêcher le départ de son acide carbonique ? L'expérience montre, en effet, que, lorsqu'on conserve le sérum dans des tubes scellés, l'alcalinisation ne se produit plus. Mais un autre phénomène a lieu : le changement de la réaction s'opère en sens opposé ; le P_H du sérum a une tendance à diminuer. Ainsi, un sérum dont le P_H initial est de 7,33 accuse, après 29 jours de séjour à 37°, en tube scellé, une réaction correspondant à $P_H = 7,00$, et, après 51 jours, son P_H atteint la valeur de 6,89. Lorsqu'on suit ce changement de la réaction vers l'acidité des sérums conservés en

tubes scellés d'une façon systématique, on constate que la chute du P_H est d'autant plus accentuée que la réaction initiale est plus alcaline.

Les faits qui viennent d'être signalés montrent que le sérum peut subir des variations considérables en ce qui concerne sa réaction réelle. Ces faits nous semblent avoir, pour les études biologiques, une importance qui ne doit pas être négligée.

PROTISTOLOGIE. — *Sur l'évolution des Infusoires des Lamellibranches; morphologie comparée des Hypocomidés. Les nouveaux genres* Hypocomina *et* Hypocomella. Note de MM. **Édouard Chatton** et **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

Nous avons montré (¹) que les Infusoires de la famille des Hypocomidés, considérés par Gruber (1884) comme des Hypotriches, par Plate (1888) comme intermédiaires entre les Ciliés et les Acinétiens, par Bütschli (1889) comme des Acinétiens primitifs et par B. Collin (1912) comme des Acinétiens néoténiques, sont en réalité des Holotriches qui se relient aux formes primitives de ce groupe par l'intermédiaire des Ancistridés et des Thigmophryidés dont ils sont dérivés. Ils forment avec ceux-ci et les Sphénophryidés, dont ils sont eux-mêmes la souche, le phylum d'Holotriches que nous avons appelé les Thigmotriches.

Notre affirmation est basée sus deux faits : 1° les Hypocomidés parasites des Mollusques, *Hypocoma patellarum* Lichtenstein (1921), *Hypocoma cardii* Ch. et Lw. (1922), *Hypocomides modiolariæ* Ch. et Lw., *Hypocomides mytili* Ch. et Lw., présentent tous une ciliature à stries méridiennes et non la ceinture ciliaire à stries concentriques caractéristiques des embryons d'Acinétiens; 2° les Hypocomidés du genre *Hypocomides*, les plus proches des Ancistridés, montrent les stades de la régression de la frange adorale ou péristomienne si développée chez ces derniers.

Mais nous n'avions pu jusqu'ici étudier les *Hypocoma* même dont l'étude avait suggéré à Collin son affirmation de leur nature acinétienne : l'*Hypocoma acinetarum* Collin (1907) et l'*Hypocoma ascidiarum* Collin (1912).

Au mois de septembre dernier, nous avons observé au Laboratoire Arago, à Banyuls-sur-Mer, un *Hypocoma* vivant sur la gouttière péricoronale de *Salpa mucronata* en compagnie de l'Acinétien *Trichophrya salparum*.

(¹) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 797, 915, 1445, et t. 177, 1923, p. 81.

Il répond exactement à la description donnée par Collin (1912) de l'*Hypocoma acinetarum*, sauf pour ce qui est de la structure du champ ciliaire sur laquelle nous reviendrons. Il a comme lui cette dépression ventrale que Collin considère comme un cytostome, et le même bol alimentaire condensé dans la boucle de son macronucléus en fer à cheval ([1]).

L'étude de l'*Hypocoma acinetarum* des Salpes de Banyuls vérifie entièrement les deux faits essentiels que nous avaient fournis celle des Hypocomidés des Mollusques : 1° la disposition méridienne — et non concentrique — de la ciliature ; 2° l'existence d'un vestige de frange adorale.

Ciliature. — Elle est localisée sur la face ventrale. Le point d'émergence du suçoir étant considéré comme postérieur [et non comme antérieur (contra Collin), ceci pour des raisons que nous développerons ultérieurement], la dépression dite « cytostome » comme antérieure, la ciliature peut être décrite de la manière suivante : 1° un système droit de cinq stries marginales très rapprochées qui commencent au niveau et à droite du cytostome et finissent au pôle postérieur; 2° un système gauche de sept stries assez écartées dont quatre médianes relient le cytostome au pôle postérieur et dont trois autres à gauche de celles-là commencent en avant du cytostome et finissent en avant du point d'émergence du suçoir.

([1]) Nous nous demandons si l'*Hypocoma ascidiarum* de Collin est bien une espèce différente de l'*Hypocoma acinetarum*, parasite sur divers Acinétiens libres. Collin lui-même a remarqué que son *Hypocoma ascidiarum* se rencontre presque toujours dans le siphon des Botrylles en compagnie du *Trichophrya salparum*. Dans les *Salpa mucronata* de Banyuls, nous n'avons jamais trouvé l'*Hypocoma* qu'avec cet Acinétien, sur lui ou auprès de lui. Et nous pouvons affirmer qu'il en est parasite; car dans le bol alimentaire des *Hypocoma* nous avons reconnu la présence d'acidules, de trichites, identiques à celles que contiennent toutes les *Trichophrya* (où ils n'ont pas encore été signalés, à notre connaissance, non plus que chez les autres Acinétiens). Nous pensons que chez les Botrylles et chez les autres Ascidies, les *Hypocoma* sont liés beaucoup plus aux Acinétiens qui portent ces Tuniciers, qu'à ces Tuniciers eux-mêmes.

Collin distingue l'*Hypocoma ascidiarum* de l'*H. acinetarum* par l'absence chez le premier du cytostome, constant chez le second. Mais il faut se rappeler que Collin n'a étudié son *H. ascidiarum* que fixé et coloré. Or, dans les préparations permanentes de notre *Hypocoma* le cytostome, pourtant bien visible sur le vivant, n'est pas reconnaissable.

Nous nous demandons même si l'*Hypocoma acinetarum* se distingue spécifiquement des *Hypocoma* de Gruber et de Plate, parasite sur les *Vorticelliens* et si les différences que l'on peut relever dans les descriptions des auteurs ne tiennent pas à l'insuffisance de leurs observations.

Toutes ces stries se terminent librement, sans continuité entre elles. Leur disposition asymétrique exclut d'ailleurs une telle continuité. Et cette asymétrie même n'est pas, chez les *Hypocoma*, un caractère fortuit et insignifiant, car elle a son origine dans l'asymétrie fondamentale de la ciliature des Ancistridés qui est composée, comme on sait, de deux systèmes ciliaires indépendants. Nous avons montré que la même asymétrie se trouve conservée dans les *Hypocomides* et dans l'*Hypocoma patellarum* où les deux systèmes ciliaires se trouvent nettement séparés par une carène divisant l'aire ciliaire en deux champs inégaux.

Frange adorale. — Elle était jusqu'ici passée inaperçue de tous les auteurs. Elle est représentée par un court segment d'une vingtaine de longs cils insérés dans un sillon du tégument sur la marge dorsale droite du corps, non loin du pôle postérieur. Chez les *Hypocomides* le vestige de frange adorale est situé beaucoup plus près du pôle antérieur que du pôle postérieur. Mais on sait que chez les *Ancistrum* la frange adorale court tout le long du corps, de la bouche au pôle postérieur. Ce sont donc des régions différentes de cette frange qui ont persisté chez les divers Hypocomidés.

Si maintenant nous passons en revue les différentes formes qui constituent la famille des Hypocomidés, nous pouvons nous faire de leurs affinités et de leur position systématique la conception suivante :

A la base de la famille, en contact immédiat avec les Ancistridés, dont ils ne diffèrent que par l'absence de bouche fonctionnelle, les *Hypocomides : H. modiolariæ* et *H. mytili* qui ont une aire ciliaire asymétrique comportant deux systèmes de stries, des vestiges de ciliature générale et un segment résiduel de frange adorale, long et hélicoïdal chez le premier, très court chez le second, correspondant à la partie moyenne et antérieure de la frange adorale des Ancistridés. *Hypocoma acinetarum* avec les mêmes caractères de l'aire ciliaire, une dépression antérieure (cytostome ?) et un vestige de frange adorale correspondant au segment postérieur de cette frange. Le genre *Hypocomina*, que nous créons pour *H. patellarum*, présente aussi les mêmes caractères de l'aire ciliaire, mais cette aire est très enfoncée au-dessous du niveau du tégument ; pas de vestige de frange adorale. Le genre *Hypocomella*, que nous proposons pour *H. cardii* dont l'aire ciliaire, tout en étant asymétrique, ne comprend qu'un seul système ciliaire et qui est dépourvu de frange adorale. Cette *Hypocomella*, qui, en se fixant aux cellules branchiales du *Cardium edule*, forme un revêtement dense à l'épithélium des espaces compris entre les feuillets de la branchie, est le plus régressé des Hypocomidés que nous connaissons.

M. **Ch. Lejolivet** adresse à l'Académie un modèle de calendrier perpétuel.

La séance est levée à 15h45m.

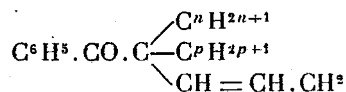
E. P.

ERRATA.

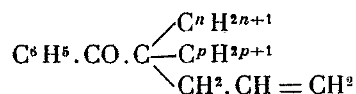
(Séance du 19 mai 1924.)

Note de M. *Jean Lecomte*, Etudes qualitatives sur les spectres d'absorption infrarouges des corps organiques. Isomérie et homologie :

Page 1699, ligne 23, *au lieu de*



lire



Note de M. *Georges Kimpflin*, Perméabilité de la résine synthétique aux radiations infrarouges :

Page 1710, ligne 1, *au lieu de* 35 pour 100, *lire* 85 pour 100.

Note de M. *P. Lasareff*, Sur des relations entre la concentration atomique et des constantes mécaniques thermiques et optiques des éléments :

Page 1717, ligne 27, *au lieu de*

$$x = \beta \cos\left(a\sqrt{\frac{N}{A}t + \eta}\right),$$

lire

$$x = \beta \cos\left(a\sqrt{\frac{N}{A}}t + \eta\right).$$

Page 1718, ligne 2, *au lieu de* $\nu = \frac{\alpha}{2\pi}\sqrt{\frac{N}{A}}$, *lire* $\nu = \frac{a}{2\pi}\sqrt{\frac{N}{A}}$.

(Séance du 26 mai 1924.)

Note de M. *Paul Noaillon*, Sur les fonctions entières de genre inférieur à deux :

Page 1780, ligne 24, *au lieu de* < 1, *lire* $< \frac{1}{2}$.

Page 1781, ligne 6, *au lieu de* $J(\rho) = \int_0^{2\pi} C^{Z h(z)} d\omega$, *lire* $J(\rho) = \int_0^{2\pi} C^{Z h(z)} f(z)\, d\omega$.

Page 1782, ligne 14, *au lieu de* α et par suite $\frac{\alpha}{1-\alpha}$ sont entre 0 et 1, *lire* $\frac{\alpha}{1-\alpha}$ est entre 0 et 1.

Note de M. *René Audubert*, La théorie électronique et les chaleurs de formation des sels :

Page 1814, ligne 23, *au lieu de* $Q = A\left(\frac{l}{m^2} - \frac{a}{n^2}\right)$, *lire* $Q = A\left(\frac{b}{m^2} - \frac{a}{n^2}\right)$.

Page 1816, ligne 5, *au lieu de* atomatique, *lire* atomique; ligne 11, *au lieu de* prendre 63 kg-cal dans ces conditions, *lire* prendre 63 kg-cal; dans ces conditions.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 10 JUIN 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret en date du 6 juin 1924, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Charles Rabut** pour occuper, dans la division des Applications de la science à l'industrie, la place vacante par le décès de M. *Maurice Leblanc*.

Il est donné lecture de ce décret.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des acides tétrachloro- et tétrabromophtaliques sur les essences de térébenthines. Nouveau procédé de préparation des camphols et partant des camphres droit et gauche.* Note de M. **A. Haller**.

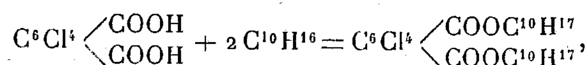
Depuis que Bouchardat et Lafont ([1]), puis Bouchardat et Tardy ([2]) eurent montré que les essences de térébenthine du pin maritime et d'*Eucalyptus globulus* se combinent aux acides formique, acétique et benzoïque pour donner naissance à des éthers-sels bornyliques et fencholiques, de nombreux auteurs ont cherché à réaliser la préparation des premiers de ces éthers en vue de la production industrielle des camphres.

Pour que cette réaction d'addition s'effectue avec chance de succès, il est nécessaire que l'acide réagissant soit soluble dans l'essence. Après de nombreux essais, qui datent de près de trente ans, nous avons trouvé que les acides *orthophtaliques tétrahalogénés* remplissaient ces conditions, alors que l'acide *o*-phtalique non substitué est insoluble dans le pinène.

([1]) Bouchardat et Lafont, *Comptes rendus* t. 113, 1891, p. 551.
([2]) Bouchardat et Tardy, *Comptes rendus*, t. 120, 1895, p. 1417.

Suivant la température à laquelle on opère, et aussi suivant la durée de la réaction, non seulement sont variables les rendements, mais encore les proportions relatives des camphols et isocamphols isolés. Ne dépasse-t-on pas 100 à 105°, on obtient, abstraction faite du fenchol, un mélange de bornéol et d'isobornéol plus riche en ce dernier isomère que si l'on porte graduellement la température de 100 à 150° pendant 16 à 18 heures.

On peut traduire la réaction d'addition de la façon suivante :



$$C^6Cl^4\begin{cases}COOH\\COOH\end{cases} + 2\,C^{10}H^{16} = C^6Cl^4\begin{cases}COOC^{10}H^{17}\\COOC^{10}H^{17}\end{cases},$$

que le produit engendré soit de l'halogénophtalate de camphol, d'isocamphol ou de fenchol, ces trois alcools ayant la même composition $C^{10}H^{18}O$.

Nos essais ont porté sur l'essence de térébenthine française (*Pinus maritima*) lévogyre et sur celle d'Alep (*Pinus Halepensis*) dextrogyre.

Suivant les récentes déterminations de MM. Vèzes, Darmois, Vavon, Pariselle et G. Dupont [1] la première de ces essences contient environ 80 pour 100 de carbures $C^{10}H^{16}$ passant de 152 à 164 constitués par des pinènes gauches renfermant 62 pour 100 d'α-pinène et 38 pour 100 de β-pinène ou nopinène, ce dernier mis en évidence jadis par Ad. Bæyer et Wallach. M. G. Dupont a en outre décelé la présence de petites quantités de pinène droit α dans la même essence.

Quant à l'essence d'Alep, elle serait, selon le même auteur, presque totalement constituée par du pinène α dextrogyre.

Étant données, d'une part, l'origine et la composition des essences mises en expérience et renseigné, d'autre part, par les études de Bouchardat et de ses collaborateurs, nous pouvions nous attendre à ce que les produits d'addition de nos acides phtaliques halogénés fussent constitués par un mélange des composés suivants :

1° Tétrahalogénophtalates neutres de camphols ou bornéols α;

2° Tétrahalogénophtalates neutres d'isocamphols ou isobornéols β;

3° Tétrahalogénophtalates neutres de fenchol,

sans exclure la possibilité de la présence d'éthers-sels acides correspondants.

Comme on le verra dans la suite, l'échelle des points de fusion (110 à 162°) des produits obtenus dans le traitement des essences par l'acide tétrachlorophtalique, justifie nos suppositions à cet égard.

---

(1) Voir pour l'historique, le beau Mémoire de M. G. Dupont, *Ann. Chimie*, 10e série, t. 1, 1924, p. 216.

Action de l'acide tétrachlorophtalique sur l'essence de térébenthine française. — Dans un appareil à agiter on chauffe, en vase clos, pendant 30 heures, à une température de 100 à 105°, un mélange de 200^g d'essence et 100^g d'acide chlorophtalique bien desséché. La pâte blanche obtenue est débarrassée de l'essence non entrée en réaction (110^g) par un courant de vapeur d'eau. Le résidu débarrassé de l'eau tenant en dissolution de l'acide chlorophtalique (5^g) constitue une masse résineuse qui est directement saponifiée par une solution de soude alcoolique. Après avoir distillé la majeure partie de l'alcool on élimine le bornéol par un courant de vapeur d'eau. Recueilli, séché et mis à cristalliser dans de l'éther de pétrole, ce camphol tache le papier et adhère aux parois du cristallisoir. On le presse entre des doubles de papiers et on le fait de nouveau cristalliser dans de l'éther de pétrole.

Ce bornéol fond à 209-210°, et possède dans l'alcool absolu le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -27°,5$ et dans le toluène $[\alpha]_D = -29°,2$. Il renferme par conséquent de l'isocamphol droit ([1]).

Action de l'acide tétrachlorophtalique sur l'essence française, à une température de 110 *à* 150°. — Si l'on porte le mélange des deux substances graduellement au-dessus de 100° on constate qu'il se condense à un moment donné de l'eau sur les parois du vase, eau qui disparaît peu à peu quand la température atteint 150°. L'opération dure de 15 à 20 heures. Après élimination du carbure en excès, il reste une résine d'un brun foncé, cassante à froid, soluble presque en totalité dans le benzène, moins dans l'éther et l'éther de pétrole et presque insoluble dans l'alcool à 95°. Un produit préparé industriellement, dans les conditions sus-indiquées, nous a permis de séparer, par une série de traitements, des cristaux blancs dont les points de fusion s'échelonnent de 110 à 162°. Une suite de cristallisations méthodiques dans l'éther nous a fourni une notable portion de cristaux fondant à 128-130° à pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -37°$ dans le benzène et $[\alpha]_D = -50°$ dans l'alcool absolu. Saponifiés par une solution alcoolique de soude, ils donnent du bornéol gauche entraînable à la vapeur d'eau et un mélange de chlorophtalate neutre de sodium et de chlorophtalate de bornyle et de sodium. Ce dernier se précipite par refroidissement des eaux résiduaires. Il est recueilli, lavé à l'eau et traité par de l'acide sulfurique dilué. Le tétrachlorophtalate acide de bornyle qui se précipite est enfin dissous et mis à cristalliser dans un mélange d'éther et d'éther de pétrole. Il fond à 189-190°

([1]) A. Haller, *Comptes rendus*, t. 122, 1896, p. 142.

et possède dans le benzène le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D^{23} = -23°53'$ et dans l'alcool absolu $[\alpha]_D^{23} = -50°04'$.

Quant au bornéol gauche provenant de la saponification totale du chlorophtalate, ses constantes sont les suivantes : $F = 208\text{-}209°$; $[\alpha]_D^{26} = -34°44'$ dans le benzène et $[\alpha]_D^{26} = -33°28'$ dans l'alcool absolu, ce qui montre qu'il renferme également de l'isobornéol.

Nos investigations ne se sont portées, jusqu'à présent, que sur un seul tétrachlorophtalate (F. 128°-130°) isolé du tétrachlorophtalate brut de bornéol. Si, au lieu de chercher à faire la séparation précitée, on saponifie avec de la soude alcoolique la résine même, préalablement débarrassée de carbure, on constate que le camphol ainsi obtenu fournit, après une longue suite de cristallisation dans l'éther de pétrole, un liquide mère huileux, incristallisable à la température ordinaire, et qui est constitué par un mélange de bornéol gauche et de fenchol droit dont la séparation, très laborieuse, n'a pas encore été effectuée complètement. Nous avons toutefois réussi à préparer une fencholphénylurétane fondant à 88-89°, alors que le produit préparé avec le fenchol ordinaire fond à 84-85°.

Il est superflu d'ajouter qu'un bornéol ainsi préparé donne naissance à un mélange de camphre et de fénone quand on le soumet à l'oxydation.

Action de l'acide tétrachlorophtalique sur le pinène droit de l'essence d'Alep. — Réalisée sur de moindres quantités d'essence, cette opération nous a néanmoins permis de constater la production des mêmes réactions. L'essence mise en œuvre, $D = 0,861$ à 16°, possédait le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = +48°,2$.

Une portion du mélange carbure acide, maintenu à 100-105° pendant 30 heures, a fourni des résultats analogues à ceux obtenus avec l'essence de pin maritime traitée dans les mêmes conditions.

On isole en majeure partie un tétrachlorophtalate fondant de 122 à 129° qui, saponifié, fournit du bornéol également imprégné d'huile qui ne peut être que du fenchol. Une autre partie du même mélange a été portée graduellement de 100 à 150° durant 16 heures. Après séparation du carbure en excès et traitement du tétrachlorophtalate formé en vue de la séparation des différents isomères, on a constaté qu'il ne s'était formé, indépendamment des produits visqueux, qu'un tétrachlorophtalate de bornéol droit fondant à 130-132°, à l'exclusion de tout éther d'un point de fusion plus élevé. Dans le benzène, cet éther possède le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D^{21,5} = +36°$, tandis que dans l'alcool absolu $[\alpha]_D^{21,5} = +48°,12$. Sa saponification par la soude alcoolique a fourni un bornéol droit fondant à 208°,5-209°,5, de

pouvoir rotatoire $[\alpha]_D^{21} = +36^\circ 13'$ dans le benzène et $+34^\circ 26'$ dans l'alcool absolu. La rotation du camphre qui dérive de ce camphol $= +44^\circ 30'$ dans l'alcool, ce qui démontre que le bornéol est encore mélangé d'isobornéol.

Quant au liquide aqueux, il laisse déposer par refroidissement une poudre qui, lavée à l'eau et sursaturée par de l'acide sulfurique, donne du tétrachlorophtalate acide de bornéol, fondant à 191-192° et de pouvoir rotatoire $[\alpha]_D^{24} = +23^\circ 26'$ dans le benzène et $+47^\circ 39'$ dans l'alcool.

Tous ces dérivés constituent les antipodes de ceux obtenus avec l'essence française.

Action de l'acide tétrabromophtalique sur l'essence du pin maritime. — Chauffé à 100-105°, dans un appareil à agitation pendant 30 heures, le mélange carbure-acide tétrabromophtalique a subi les mêmes réactions que celui renfermant l'acide tétrachlorophtalique. Le tétrabromophtalate de bornyle obtenu semble toutefois incristallisable et garde son aspect visqueux. Sa saponification a fourni un camphol gauche imprégné d'un produit huileux (sans doute du fenchol) qu'on sépare par pression entre des doubles de papier. Cristallisé dans l'éther de pétrole, ce bornéol montre le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -27^\circ,1$ dans l'alcool et $-29^\circ,5$ dans le toluène. Il est donc encore constitué par un mélange de bornéol et d'isobornéol.

Il va sans dire que dans toutes ces opérations il est possible de régénérer par acidulation des tétrahalogénophtalates de sodium la presque totalité des acides mis en réaction. On retrouve ces acides avec leurs propriétés intégrales.

Nous poursuivons ces études et avons en particulier entrepris celles de l'acide tétrachlorophtalique du nopinène, et de la séparation du fenchol du camphol auquel il est mélangé de façon à pouvoir en préparer le tétrachlorophtalate.

En résumé nos recherches montrent :

1° Que dans l'action des acides tétrahalogénophtaliques sur les pinènes il se forme des tétrahalogénophtalates de bornyle, d'isobornyle et de fenchyle qui, par sa saponification, fournissent des mélanges de ces différents alcools ainsi que leurs éthers-sels acides.

2° Que les alcools ainsi formés fournissent par oxydation des camphres et des fénones droits ou gauches suivant la nature du carbure terpénique employé.

MÉCANIQUE. — *Règles scientifiques à suivre pour consolider par bétonnage les constructions métalliques.* Note ([1]) de M. **Charles Rabut.**

La crise mondiale de la main-d'œuvre tend à substituer, dans les ouvrages neufs en béton armé, l'*armature surface* (pièces laminées mises en place et assemblées mécaniquement) à l'*armature ligne* (barres minces posées et assujetties à la main) ([2]); elle a pour conséquence non moins obligée la transformation progressive, par voie de bétonnage, des constructions métalliques existantes pour les sauver de la rouille et de l'usure en les consolidant autant qu'on le désire avec addition, au besoin, d'éléments métalliques nouveaux noyés dans le béton d'enrobement.

Cette évolution inévitable qui, aujourd'hui seulement, va entrer dans sa phase de réalisation intégrale, soulevait quand je l'ai provoquée (1896) de graves objections :

1° Difficulté d'obtenir l'adhérence du béton et des surfaces métalliques depuis longtemps recouvertes de peinture, souvent de rouille adhérente, et quelquefois exposées à des fumées sulfureuses très chaudes;

2° Pour les ponts et constructions industrielles, effets à redouter des trépidations en service sur la prise du béton, son durcissement et sa cohésion avec le métal.

3° Difficulté de concilier la rigueur obligée des calculs de résistance des ouvrages en béton armé avec les écarts importants que l'auscultation révèle dans les constructions métalliques entre les fatigues réelles et calculées;

4° Énormité de la charge morte que le béton ajoute à la charpente métallique sans concourir à porter ni son propre poids ni celui du métal si on ne l'y contraint par des dispositions spéciales.

J'ai poursuivi l'étude de ces quatre groupes de questions en opérant, comme je le crois utile dans tout problème de bâtisse technique, d'abord par l'auscultation et l'observation prolongée d'ouvrages neufs construits, suivant des types variés, dans le système de la charpente métallique enrobée ([3]);

([1]) Séance du 2 juin 1924.

([2]) *Sur une nouvelle forme canonique des massifs armés* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 603.

([3]) Ponts sous les rues Rennequin, Laugier, Bayen, Guersant, de Longchamp, Lalo, Dufrenoy et Cardinet, tunnels sous la place Pereire, les avenues des Ternes, de la

puis par diverses séries d'expériences de laboratoire; enfin par des recherches théoriques. Après une trentaine d'années d'expérience ainsi acquise petit à petit, je me crois en mesure de formuler les principales règles donnant la solution générale du problème, dont l'importance économique est, plus que jamais, d'actualité :

1° L'adhérence ne peut être obtenue qu'après avoir débarrassé complètement les surfaces métalliques de toute peinture, de toute matière grasse et de toute rouille non adhérente, ce qui peut se faire par un lavage alcalin ou par projection de sable. On l'assure par l'emploi, aussitôt après décapage, d'une peinture au ciment rendue alcaline. Il est plus avantageux de forcer la proportion de ciment et d'eau que de pratiquer le pilonage. Le meilleur mode d'enrobement est la projection par passes successives au moyen d'un jet d'eau, ou mieux de vapeur, sous une pression d'au moins trois atmosphères qui élimine l'eau en excès et rend immédiates la prise et l'adhérence; mais ce mode d'emploi du béton n'est courant que pour l'exécution de revêtements d'épaisseur encore restreinte.

2° Les effets des trépidations sur la prise et le durcissement du béton ont donné lieu à une série d'expériences exécutées au pont sur la rue Victor-Hugo, à la sortie de la gare d'Ivry — l'ouvrage du réseau d'Orléans sur lequel passent le plus de trains — gracieusement mis à ma disposition par la Compagnie. Deux échantillons d'un même béton étant placés, avant prise, dans deux moules métalliques identiques, l'un était fixé à une poutre du pont, l'autre laissé à terre; quelque temps après, les deux éprouvettes étaient soumises, dans le laboratoire, à un même essai de résistance. Quelles que fussent la composition du béton et la durée de l'expérience, l'éprouvette violemment secouée au passage des trains a toujours accusé une résistance à l'écrasement supérieure à celle de l'éprouvette laissée immobile (1). Il est ainsi établi que l'enrobement peut s'exécuter sous voie ferrée sans ralentissement des trains, circulation en voie unique ni aucune gêne de l'exploitation.

Quant à l'adhérence, elle est la même sur des surfaces métalliques planes et étendues que sur des barres noyées dans le béton tant que l'ensemble n'est soumis à aucun choc; mais elle est vaincue par un choc tangentiel

---

Grande-Armée, du Bois-de-Boulogne et Henri-Martin à Paris; ponts sous les lignes de l'Ouest à Charleval et Forges-les-Eaux; grand hall de la Société des Emeris à Paris.

(1) Depuis cette expérience, le *martèlement des coffrages* au moyen de percuteurs pneumatiques ou électriques, déjà employé dans la fonderie, a été substitué avantageusement, sur certains chantiers, au pilonage du béton.

même assez faible. Elle doit donc être suppléée, dans le cas de trépidations, par l'adjonction de pièces métalliques reliées aux poutres à enrober. Mes premiers essais, faits en 1898 sur les têtes des tunnels de la ligne de Paris à Auteuil mise à quatre voies, ont montré qne l'emploi de grillages déformables si peu que ce soit pendant l'emploi du béton ne donne pas une sécurité parfaite : il faut que les pièces d'accrochage forment avec les poutres un ensemble absolument rigide et par conséquent se composent soit de rangées de plats ou de cornières fixés par des rivets, boulons ou clavettes, soit de simples clavettes, soit de fils enroulés, passant par des trous percés dans les poutres et fortement tendus; on peut aussi utiliser les bavures de trous poinçonnés dans les tôles à enrober.

L'efficacité de ces moyens ne pouvant être reconnue qu'à la suite d'observations prolongées, j'ai pris pour champ d'expériences trois ponts que j'ai construits à Asnières sous les voies de l'Ouest: les deux premiers sur les quais de la Seine, le troisième sur l'avenue de Courbevoie. Les travées sur les quais font partie de l'élargissement du pont sur la Seine, qui est le plus fréquenté du monde entier : actuellement il est passé sur les nouvelles voies plus de douze cent mille trains représentant des milliards de chocs violents sans qu'aucune fissure se soit produite. Il faut ajouter que les joints de rails sur le tablier ont été maintenus constamment bloqués; le troisième tablier, sur lequel cette précaution a été négligée (j'y ai relevé des joints de 20^{mm}), a subi une légère fissuration. On peut donc considérer l'adhérence comme garantie dans les conditions qui viennent d'être dites en y comprenant non seulement le blocage des joints de rails, mais les précautions nécessaires pour amortir les chocs dus au méplat des roues, que ce blocage ne saurait atténuer, à savoir : emploi des traverses ou longrines en bois tendre, de ballast en sable, et localisation des joints vers le milieu de la portée des longerons. L'accroissement incessant du poids, de la vitesse et du nombre des trains oblige d'ailleurs à prévoir, de préférence au blocage, la soudure des rails, au moins sur les grandes lignes. En ce qui concerne les ponts sous routes, la seule précaution nécessaire et suffisante est l'emploi du pavage en bois. D'ailleurs, toutes ces précautions ne sont pas entièrement spéciales aux ouvrages enrobés; elles commencent dès maintenant à être reconnues utiles sur les ponts métalliques et devraient être prescrites sur les ponts en maçonnerie et en béton armé ou non, en présence des conditions modernes de la circulation routière.

3° L'auscultation a montré que, dans les ouvrages métalliques, certaines pièces, surtout les membrures des maîtresses poutres (et surtout au-dessus

d'une pile), les tympans des ponts en arcs, etc., travaillent moins que ne l'indiquent les calculs usuels de résistance; d'autres davantage, surtout les barres de treillis des poutres évidées, les contreventements, etc. Dans les ouvrages en béton armé, il n'y a, entre les mesures et le calcul, que des divergences beaucoup moindres, parce que l'auscultation a, dès le début, concouru à la création des types. Il suit de là qu'on commettrait une lourde faute en arrêtant un projet d'enrobement sans avoir ausculté l'ouvrage à enrober et que les calculs de ces projets doivent être basés, non pas sur ceux de l'ouvrage à enrober, mais sur les résultats des mesures. On est ainsi conduit à reconnaître qu'il peut être avantageux de supprimer certaines pièces métalliques avant l'enrobement, comme des barres de treillis et des pièces de pont, surtout quand celles-ci sont peu espacées, même si l'on ne trouve pas à les réemployer dans le même ouvrage.

4° L'énormité du poids mort serait prohibitive de tout enrobement de pont dépassant 10^m de portée si la synthèse statique (¹) ne fournissait diverses manières de faire concourir le béton à porter la charge permanente. Elle permet d'introduire systématiquement dans le corps de l'ouvrage des réactions intérieures tendant à comprimer le béton et tendre le fer une fois la prise terminée. L'opération peut se faire soit à titre provisoire avant le bétonnage, soit à titre définitif après la prise. Le mode opératoire peut consister soit dans le calage de certaines pièces entre elles, ou sur les appuis ou sur le sol, soit, au contraire, dans leur rapprochement forcé ou leur bandage au moyen de câbles; à titre provisoire, on peut employer le chauffage de certaines pièces et, dans les poutres à plusieurs travées solidaires, la surcharge d'une ou plusieurs travées. Un choix judicieux entre ces divers moyens, qu'on sera souvent conduit à combiner en ayant égard aux caractéristiques du type à traiter, fournira toujours une solution satisfaisante quelle que soit l'augmentation de résistance qu'on voudra obtenir.

Il va sans dire que l'emploi du béton léger et du ciment à haute résistance est toujours indiqué, d'autant plus impérieusement que la portée est plus grande.

(¹) *Sur la synthèse statique des constructions* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 603).

HYDRAULIQUE. — *Au sujet des turbines Pelton travaillant sous une hauteur de chute variable.* Note [1] de M. DE SPARRE.

On se propose assez souvent, à l'heure actuelle, de faire travailler une roue sous différentes hauteurs de chute.

Il s'agit alors, pour l'établissement de la turbine, de déterminer la hauteur de chute H_0, servant de base à son calcul, de façon à rendre minimum la variation du rendement lorsque la hauteur de chute varie d'un minimum H_1 à un maximum H_2.

Soient v_0 la vitesse absolue de l'eau à la sortie du distributeur, w et w_1 les vitesses relatives de l'eau à l'entrée et à la sortie de la roue, u sa vitesse circonférentielle, H la hauteur de chute à un instant quelconque qui peut, par hypothèse, varier de H_1 à H_2, ρ le rendement.

L'action de l'eau étant tangentielle on a [2]

$$\rho = \frac{u^2}{gH}\left(\frac{v_0}{u} + \frac{w_1}{u} - 1\right), \qquad w = v_0 - u.$$

Je désigne d'ailleurs par $\frac{bw_1^2 + cw^2}{2g}$ et $\frac{av_0^2}{2g}$ les pertes de charge dans la roue et dans le distributeur, on aura

$$v_0^2 = 2gH - av_0^2, \qquad w_1^2 = w^2 - bw_1^2 - cw^2.$$

Si par suite on pose

(1) $$x = \frac{v_0}{u},$$

on aura

(2) $$w_1 = u(x-1)\sqrt{\frac{1-c}{1+b}},$$

(3) $$\rho = \frac{2(x-1)}{(1+a)x^2}\left(1 + \sqrt{\frac{1-c}{1+b}}\right),$$

ρ est maximum pour $x = 2$. Désignons par ρ_m la valeur correspondante de ρ et par H_0 la valeur correspondante de H, nous aurons

(4) $$\rho_m = \frac{1}{2(1+a)}\left(1 + \sqrt{\frac{1-c}{1+b}}\right),$$

(5) $$4 = \frac{2gH_0}{(1+a)u^2}.$$

---

[1] Séance du 2 juin 1924.

[2] RATEAU, *Traité des turbo-machines*, p. 13.

Si l'on suppose alors ρ donné et si l'on pose

$$m = \frac{1}{(1+a)\rho}\left(1+\sqrt{\frac{1-c}{1+b}}\right), \tag{6}$$

l'équation (3) donne

$$x^2 - 2mx + 2m = 0. \tag{7}$$

Si l'on pose alors $y = \frac{H}{H_0}$, on déduit de la relation (5)

$$x^2 = \frac{2gH_0}{(1+a)u^2}y = 4y,$$

et l'équation (7) donne

$$4y^2 - 4m(m-1)y + m^2 = 0. \tag{8}$$

Si alors H_0 est choisi de façon que H_2 et H_1 correspondent à la plus grande et à la plus petite racine de (8), on aura

$$\frac{H_1+H_2}{H_0} = m(m-1), \qquad \frac{H_2-H_1}{H_0} = m\sqrt{(m-1)^2-1}. \tag{9}$$

Posons alors

$$R = \frac{H_2-H_1}{H_2+H_1}, \tag{10}$$

on déduira des relations précédentes

$$(m-1)^2 = \frac{1}{1-R^2},$$

mais R^2 sera toujours assez petit, on pourra par suite négliger son carré et l'on aura, avec une approximation suffisante,

$$m = 2 + \frac{R^2}{2}. \tag{11}$$

On déduira alors des équations (6) et (4)

$$\rho = \frac{1}{(1+a)m}\left(1+\sqrt{\frac{1-c}{1+b}}\right) = \frac{2}{m}\rho_m, \tag{12}$$

ou, en tenant compte de (11) et négligeant toujours les termes en R^4,

$$\rho = \left(1-\frac{R^2}{4}\right)\rho_m \tag{13}$$

et ensuite, avec la même approximation en vertu de (9),

$$(14) \qquad H_0 = \frac{H_1 + H_2}{m(m-1)} = \frac{H_1 + H_2}{2}\left(1 - \frac{3R^2}{4}\right).$$

En adoptant, pour l'établissement de la turbine, cette valeur de H_0, ρ aura la valeur (13) pour $H = H_1$ et $H = H_2$ et il devient égal à ρ_m pour $H = H_0$.

Si, par exemple, on suppose $H_2 = 2H_1$, donc $R = \frac{1}{3}$, on trouvera

$$\rho = 0{,}972\rho_m, \qquad H_0 = 0{,}917\frac{H_2 + H_1}{2}.$$

Donc, avec cette valeur de H_0, le rendement ne variera pas de 3 pour 100 lorsque la hauteur de chute varie du simple au double.

On peut aussi envisager le problème à un autre point de vue et chercher entre quelles limites peut varier H lorsqu'on admet une variation donnée sur le rendement.

Si l'on suppose

$$(15) \qquad \rho = (1 - \varepsilon)\rho_m,$$

on en déduit, en vertu de (13), (10) et (14) (¹),

$$(16) \qquad \frac{H_1}{H_2} = \frac{1 - 2\sqrt{\varepsilon}}{1 + 2\sqrt{\varepsilon}},$$

$$(17) \qquad H_0 = \frac{H_1 + H_2}{2}(1 - 3\varepsilon).$$

Si, par exemple, on suppose $\varepsilon = 0{,}01$, on aurait

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{2}{3}, \qquad H_0 = 0{,}97\frac{H_1 + H_2}{2}.$$

S'il s'agit, non de l'établissement d'une turbine, mais de se rendre compte des limites entre lesquelles varie le rendement lorsque la hauteur de chute H_0, pour laquelle la turbine a été établie, devient égale à H_1, on aura en résolvant l'équation (8), où y est connu par rapport à m,

$$(18) \qquad m = \frac{2y(1 + 2\sqrt{y})}{4y - 1},$$

m étant connu, on aura ρ par la formule (12).

(¹) Aux termes en ε^2 près.

Si par exemple on suppose que l'on réduise de moitié la hauteur de chute en prenant $y = \frac{1}{2}$, on déduit des formules (18) et (12)

$$m = 1 + \sqrt{2}, \quad \rho = \frac{2\rho_m}{1 + \sqrt{2}} = 0,828\rho_m.$$

On perdrait donc, dans ce cas, 17 pour 100 sur le rendement maximum, tandis que l'on n'aurait perdu, pour une même variation de hauteur de chute, seulement 3 pour 100, si H_0 avait été déterminé par la formule (14).

De même, si pour une roue donnée on veut se rendre compte des limites entre lesquelles peut varier la hauteur de chute lorsqu'on sacrifie une fraction donnée du rendement, on déduira des équations (12) et (15), aux termes en ε^2 près,

$$m = \frac{2\rho_m}{\rho} = \frac{2}{1 - \varepsilon} = 2(1 + \varepsilon) \tag{19}$$

et l'équation (8) donnera alors pour les limites entre lesquelles peut varier H_1, toujours aux termes en ε^2 près,

$$H_0\left[1 + 3\varepsilon + 2\sqrt{\varepsilon}\left(1 + \frac{3}{2}\varepsilon\right)\right] > H > H_0\left[1 + 3\varepsilon - 2\sqrt{\varepsilon}\left(1 + \frac{3}{2}\varepsilon\right)\right]. \tag{20}$$

Si l'on admettait une perte de 1 pour 100 sur le rendement, en prenant par suite $\varepsilon = 0,01$, on aurait par la formule (20)

$$1,233 H_0 > H > 0,827 H_0.$$

Pour une variation de 1 pour 100 dans le rendement, on pourrait donc faire varier la hauteur de chute de 23 pour 100 environ, tandis que si H_0 était déterminé par la formule (14) on pourrait, pour une même variation du rendement, réduire la hauteur de chute des $\frac{2}{3}$, soit de 66 pour 100.

M. **Charles Moureu** présente à l'Académie dans les termes suivants une étude intitulée : *Les gaz rares des gaz naturels*.

C'est une conférence que j'ai eu l'honneur de donner dernièrement à Londres, devant la *Chemical Society* (¹), et où j'ai résumé les recherches que je poursuis, voici plus de vingt-cinq ans, sur ce sujet, avec, depuis 1907,

(¹) Publiée en français dans le *Journal of chemical Society*, *Transactions*, t. 123, 1923, 1905.

la constante collaboration de mon très distingué élève et ami, bien connu de l'Académie, M. Adolphe Lepape.

Nous avons, à cette heure, examiné près de 150 gaz naturels : gaz de sources thermales, grisous, gaz de mines de pétrole, gaz de mines de potasse. On trouvera dans ce travail sinon les détails des diverses techniques mises en œuvre, qui ont été publiés dans d'autres recueils et que nous perfectionnons d'ailleurs chaque jour, du moins un aperçu de la marche générale de nos expériences. En revanche, tous les résultats de nos déterminations : composition centésimale et débits gazeux, sont présentés, sous forme de tableaux, avec des commentaires plus ou moins étendus et de nombreuses considérations géophysiques et géochimiques.

En ce qui concerne tout d'abord les sources, nos recherches aboutissent à une conclusion aussi nette que générale : sans parler des gaz courants (azote, anhydride carbonique, etc.), toutes les sources contiennent une série d'autres gaz : de l'hélium, du néon, de l'argon, du krypton, du xénon et des émanations radioactives, dont elles amènent sans cesse au jour des quantités notables, et fort différentes suivant les sources.

Ce fait et la présence des gaz rares et des émanations radioactives dans l'air atmosphérique sont ainsi en parfait accord. Si, d'autre part, on se place au point de vue quantitatif, trois remarques principales s'imposent immédiatement à l'esprit : 1° l'extrême variété de composition des mélanges gazeux des sources, contrastant avec la fixité presque absolue de composition de l'air; 2° l'absence complète ou presque complète de l'oxygène dans la plupart des sources, alors que l'air en contient une proportion notable ($\frac{1}{5}$ environ); 3° les teneurs souvent énormes des gaz des sources en hélium (10 pour 100 à Santenay, Côte-d'Or), tandis que dans l'air il n'en existe qu'une très faible proportion ($\frac{1}{200\,000}$); 4° la richesse considérable en émanation du radium de certaines sources.

Un fait remarquable, sur lequel nous avons déjà insisté, M. Lepape et moi, apparaît quand on compare certaines données analytiques : la constance des rapports entre les proportions des gaz rares pris deux à deux, exception faite pour l'hélium. Cette relation nous a paru pouvoir s'expliquer au moyen d'une hypothèse très simple, laquelle, remontant jusqu'à la nébuleuse génératrice du système solaire, s'appuie sur l'inertie chimique de ces éléments, ainsi que sur leur faculté de conserver l'état gazeux dans un large champ de variation des conditions physiques. Quant à l'hélium, l'absence d'uniformité dans ses rapports avec les autres gaz rares tient évidemment à sa production continue par les corps radioactifs de l'écorce terrestre,

dont les roches en dégagent plus ou moins suivant leur richesse radioactive, leur âge, leur structure physique, la température, etc.

Si maintenant, après les gaz thermaux, nous considérons les autres mélanges gazeux souterrains, nous y trouvons également, d'une manière constante, les cinq gaz rares, et aussi les mêmes rapports constants. Par là se trouve renforcée notre théorie astrophysique. Elle se présente d'ailleurs, à y bien réfléchir, comme une conséquence fatale de leur nature physico-chimique, et l'on aurait pu prévoir la loi de constance mise au jour par nos recherches.

Par ailleurs, je rappellerai que cette loi éclaire, d'une manière aussi utile qu'imprévue, une question toute différente. Si une étroite parenté rattache l'hélium aux substances radioactives, on ne connaît encore d'une manière positive rien d'analogue relativement aux quatre autres gaz rares : néon, argon, krypton, xénon, présents, comme lui, dans l'atmosphère externe et dans l'atmosphère interne de la Terre. La grande similitude de propriétés qui existe entre ces cinq éléments porterait à supposer que le néon, l'argon, le krypton et le xénon sont, peut-être, de même que l'hélium, issus également de corps radioactifs, connus ou inconnus, qui seraient plus ou moins répandus dans les profondeurs de la Terre, et qui subiraient des métamorphoses du même ordre que celles du radium ou du thorium engendrant de l'hélium. Cependant, pour fixer les idées, envisageons l'argon et le krypton. Il y a proportionnalité entre ces deux gaz dans les mélanges gazeux naturels; et ce fait est difficile à concilier avec l'hypothèse d'après laquelle ces gaz — ou seulement l'un deux — se produiraient actuellement par la désintégration d'autres atomes. Si l'argon et le krypton ont une telle origine, celle-ci doit sans doute remonter à une phase de l'évolution de la Matière antérieure à la formation de l'écorce terrestre. Quoi qu'il en soit, leur situation vis-à-vis des corps radioactifs apparaît comme très différente de celle de l'hélium.

Je me permettrai de faire observer toute la variété des problèmes qu'on est conduit à envisager quand on étudie la dissémination des gaz rares dans la Nature. La raison en est double : ces éléments, grâce à leur complète inertie, qui les place comme en marge de la Chimie, résistent, en demeurant sains et saufs, à tous les cataclysmes de l'Astronomie et de la Géologie, et ils sont assurés d'une éternelle inviolabilité; et, en outre, par la propriété dont ils jouissent d'être difficilement liquéfiables, ils ont accès dans tous les fluides et dans toutes les atmosphères, où les cinq membres de la famille voyagent librement et toujours de compagnie. Un autre gaz, relativement

inerte, l'azote, les accompagne partout; il est leur diluant constant. C'est un rôle bien suggestif que celui de l'hélium dans les processus de l'évolution de la Matière, et quelle destinée exceptionnelle que celle de ces divers éléments dans les phénomènes de la Physique du Globe et de l'évolution des Mondes!

Nombreuses et importantes sont les lacunes expérimentales qui apparaissent de tous côtés quand on médite ces vastes questions. A les combler nous invitons tous ceux qu'intéresse l'Histoire de la Terre.

NOMINATIONS.

MM. E.-L. Bouvier et L. Mangin sont désignés pour représenter l'Académie à l'inauguration du monument élevé en l'honneur du centenaire de la naissance de *J.-Henri Fabre*, qui aura lieu prochainement à Sérignan.

CORRESPONDANCE.

M. Charles Rabut, élu Membre de la Division des Applications de la science à l'industrie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. Paul Séjourné prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, parmi les Académiciens libres, par le décès du prince *Bonaparte*.

M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie invite l'Académie à lui présenter une liste de deux ou trois candidats à la Chaire de *Physique générale dans ses rapports avec l'industrie*, vacante au Conservatoire national des Arts et Métiers.

(Renvoi à la Section de Physique générale.)

M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie invite l'Académie à lui présenter une liste de deux ou trois candidats à la Chaire de *Chimie appli-*

quée à l'industrie des chaux et ciments, céramique et verrerie, applications du chauffage industriel à ces industries, vacante au Conservatoire national des Arts et Métiers.

(Renvoi à la Section de Chimie générale.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° A. Ginabat. *Note sur les condenseurs par surface.* (Présentée par M. L. Bertin.)

2° Attilio Mori. *La cartografia ufficiale in Italia e l'Istituto geografico militare.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe particulière de fonctions hypergéométriques d'une variable.* Note [1] de M. **J. Kampé de Fériet**, présentée par M. P. Appell.

Une fonction hypergéométrique d'une variable est définie par une série

$$F(x)=\sum_{0}^{+\infty} a_n x^n,$$

telle que le quotient de a_{n+1} par a_n soit une fonction rationnelle de n; cette condition est notamment satisfaite *si le coefficient a_n est lui-même une fonction rationnelle de n*; de telles fonctions constituent donc une classe particulière de fonctions hypergéométriques; néanmoins dans les travaux, déjà nombreux, sur les fonctions hypergéométriques, il ne semble pas qu'on ait fait une étude spéciale de cette classe particulière qui possède pourtant des propriétés caractéristiques, dont je voudrais indiquer quelques-unes.

D'abord il est clair qu'en retranchant de $F(x)$ une fraction rationnelle $(1-x)^{-m}P(x)$ (le polynome P étant convenablement choisi), on fait disparaître de a_n la partie entière en n; je supposerai donc cette réduction préalablement faite, de sorte qu'en décomposant a_n en éléments simples,

$$a_n=\sum_p\sum_q \frac{A_{p,q}}{(\alpha_q+n)^p}.$$

(1) Séance du 2 juin 1924.

Donc si l'on pose

$$(1)\qquad K_p(\alpha, x) = \sum_0^{+\infty} \frac{x^n}{(\alpha+n)^p}$$

(p entier positif, α nombre complexe quelconque, différent d'un entier négatif), on peut écrire :

$$F(x) = \sum_p \sum_q A_{p,q} K_p(\alpha_q, x).$$

L'étude de la classe considérée de fonctions hypergéométriques se ramène à celle (¹) *de* $K_p(\alpha, x)$. La série (1) converge à l'intérieur du cercle $|x| = 1$; le point $x = 1$ est un point singulier logarithmique :

$$K_p(\alpha, x) = \frac{(x-1)^{p-1}}{(1, p-1)} \operatorname{Log} \frac{1}{1-x} + \text{fonction holomorphe de } (x-1).$$

On peut toujours se ramener au cas où $0 < \mathcal{R}(\alpha) < 1$, grâce à la relation

$$x K_p(\alpha+1, x) = K_p(\alpha, x) - \frac{1}{\alpha^p}.$$

Lorsque $\mathcal{R}(\alpha) > 0$, on peut définir K par l'intégrale

$$(2)\qquad K_p(\alpha, x) = \frac{1}{(1, p-1)} \int_0^{+\infty} \frac{t^{p-1}\, e^{-\alpha t}}{1 - x\, e^{-t}}\, dt,$$

qui est uniforme dans tout le plan, une fois tracée la coupure $(+1, +\infty)$.

De la relation

$$x \frac{d}{dx}[x^\alpha K_p(\alpha, x)] = x^\alpha K_{p-1}(\alpha, x)$$

on déduit de proche en proche une équation différentielle linéaire d'ordre $p+1$ vérifiée par K_p.

Une des relations existant entre les intégrales de cette équation donne la formule

$$K_p(\alpha, x) + (-1)^p K_p\left(-\alpha, \frac{1}{x}\right) = \frac{1}{\alpha^p} + x^{-\alpha} \sum_{j=0}^{j=p-1} (-1)^j C_{p-1}^j f^{(j)}(\alpha) (\operatorname{Log} x)^{p-j-1},$$

(¹) Pour $x = 1$, K_p se réduit à un cas particulier de la fonction $\zeta(s, a)$ étudiée par M. Hurwitz; M. Lerch a consacré une courte Note des *Acta mathematica* (t. 11, 1887, p. 19-24) à la fonction K_p; il y donne seulement l'intégrale (2) dont il déduit une équation fonctionnelle très curieuse entre $K_{1-p}(\alpha, x)$, $K_p(x, -\alpha)$, $K_p(1-x, \alpha)$.

où

$$f(\alpha) = \pi e^{\pm \pi i \alpha} : \sin \pi\alpha,$$

selon que x est dans le demi-plan supérieur ou inférieur.

Une des propriétés les plus intéressantes de K est donnée par l'équation fonctionnelle

$$(3) \quad s^p \mathrm{K}_p(\alpha, x) = \mathrm{K}_p\left(\frac{\alpha}{s}, x^s\right) + x\,\mathrm{K}_p\left(\frac{\alpha+1}{s}, x^s\right) + \ldots + x^{s-1}\,\mathrm{K}_p\left(\frac{\alpha+s-1}{s}, x^s\right)$$

(s entier positif quelconque); on en tire notamment l'expression de K par la somme d'une fonction paire et d'une fonction impaire

$$2^p \mathrm{K}_p(\alpha, x) = \mathrm{K}_p\left(\frac{\alpha}{2}, x^2\right) + x\,\mathrm{K}_p\left(\frac{\alpha+1}{2}, x^2\right).$$

L'équation (3) admet comme réciproque

$$(4) \quad s^{1-p}\mathrm{K}_p\left(\frac{\alpha+r}{s}, x\right) = \xi_1^{-r}\mathrm{K}_p(\alpha, \xi_1) + \xi_2^{-r}\mathrm{K}_p(\alpha, \xi_2) + \ldots + \xi_s^{-r}\mathrm{K}_p(\alpha, \xi_s)$$

(r entier positif $< s$; $\xi_1, \ldots, \xi_s$, racines de $\xi^s = x$).

Des quelques résultats précédents découlent les conséquences suivantes pour la classe de fonctions $\mathrm{F}(x)$ considérée :

1° La série de définition convergeant à l'intérieur du cercle $|x| = 1$, le point $x = 1$ est un point singulier logarithmique pour $\mathrm{F}(x)$:

$$\mathrm{F}(x) = \left[\sum_p \frac{(x-1)^{p-1}}{(1, p-1)} \sum_q \mathrm{A}_{p,q}\right] \mathrm{Log}\,\frac{1}{1-x} + \text{fonction holomorphe de } (x-1).$$

2° Si tous les pôles de a_n sont tels que $\mathcal{R}(\alpha_q) > 0$, on peut représenter $\mathrm{F}(x)$ par l'intégrale

$$\mathrm{F}(x) = \int_0^{+\infty} \sum_p \frac{t^{p-1}}{(1, p-1)} \sum_q \mathrm{A}_{p,q} \frac{e^{-\alpha_q t}}{1 - x\,e^{-t}}\,dt.$$

3° Si tous les pôles de a_n sont simples, $\mathrm{F}(x)$ s'exprime au moyen de la seule fonction $\mathrm{K}_1(\alpha, x)$; or, chaque fois que α est rationnel, K_1 se ramène à la fonction logarithmique [1], car

$$\mathrm{K}_1(1, x) = \frac{1}{x}\,\mathrm{Log}\,\frac{1}{1-x},$$

---

[1] La fonction $\mathrm{K}_1(\alpha, x)$ se réduit immédiatement à la fonction de Gauss

$$\frac{1}{\alpha}\mathrm{F}(\alpha, 1, \alpha+1, x).$$

d'où, d'après l'équation fonctionnelle (4),

$$K_1\left(\frac{r}{s}, x\right) = \xi_2^{-(r+1)} \operatorname{Log} \frac{1}{1-\xi_1} + \ldots + \xi_s^{-(r+1)} \operatorname{Log} \frac{1}{1-\xi_s}.$$

Ceci conduit à cette proposition générale :

Lorsque tous les pôles de la fraction rationnelle a_n sont des pôles simples égaux à des nombres rationnels, la fonction hypergéométrique $F(x)$ *se réduit à une combinaison linéaire de sommes de fonctions logarithmiques, chaque somme contenant symétriquement les s racines de l'équation binome* $\xi^s = x$, *s désignant le dénominateur de l'un des pôles de* a_n.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les couples de fonctions méromorphes ou algébroïdes correspondant aux points d'une courbe algébrique.* Note [1] de M. **Georges-J. Rémoundos**, présentée par M. Henri Lebesgue.

M. Picard a établi [2], en 1912, le théorème suivant :

I. *Considérant une courbe algébrique*

$$f(x, y) = 0 \tag{1}$$

de genre supérieur à l'unité, on remplace x dans l'équation (1) *par une fonction* $M(z)$ *méromorphe dans le voisinage de l'origine, dont le développement taylorien est*

$$x = \alpha + \alpha_1 z + \ldots. \tag{2}$$

De l'équation (1) *on tire* $y = b(z)$, $b(z)$ *prenant pour* $z = 0$ *la valeur* β. *Les deux fonctions x et y de z ne pourront être simultanément méromorphes dans un cercle de centre origine et de rayon supérieur à une quantité* $R(\alpha, \alpha_1)$ *dépendant seulement des coefficients* α *et* α_1.

En 1921, j'ai établi [3] l'extension suivante :

II. *Dans l'équation* (1), *nous remplaçons x par la fonction* $x = a(z)$ *algébroïde à* ν *branches dans le voisinage de* $z = 0$ *et définie par l'équation*

$$x^\nu + A_1(z)x^{\nu-1} + A_2(z)x^{\nu-2} + \ldots + A_{\nu-1}(z)x + A_\nu(z) = 0, \tag{3}$$

où

$$A_1(z) = a_1 + b_1 z + \ldots, \qquad A_2(z) = a_2 + b_2 z + \ldots, \qquad A_\nu(z) = a_\nu + b_\nu z + \ldots,$$

(1) Séance du 26 mai 1924.

(2) *Rend. del Circ. Math. di Palermo*, t. 33, 1912, p. 254.

(3) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 645.

et nous supposons que les polynomes

$$p(z) = z^{\nu} + a_1 z^{\nu-1} + a_2 z^{\nu-2} + \ldots + a_{\nu-1} z + a_\nu$$

et

$$q(z) = b_1 z^{\nu-1} + b_2 z^{\nu-2} + \ldots + b_{\nu-1} z + b_\nu$$

n'ont pas de racine commune.

La fonction $y = b(z)$ ayant été déduite de $x = a(z)$ comme précédemment, une au moins des fonctions $a(z)$ et $b(z)$ aura au moins un nouveau point singulier (critique), différent de $z = 0$, dans un cercle de centre origine et de rayon supérieur à une quantité

$$R(a_1, b_1, a_2, b_2, \ldots, a_\nu, b_\nu, n_1, n_2, \ldots)$$

ne dépendant que des coefficients $a_1, b_1, a_2, b_2, \ldots, a_\nu, b_\nu$, et des degrés n_1, n_2 de multiplicité des racines de $p(z)$.

Ayant récemment repris ces recherches, je suis conduit à quelques nouveaux résultats, que je communique ci-après.

III. *Si la fonction algébrique $y = \varphi(x)$, définie par l'équation (1) qui est maintenant de genre quelconque, admet au moins deux points critiques distincts c_1 et c_2 à distance finie, il existe une quantité $R(\alpha, \alpha_1, c_1, c_2)$ ne dépendant que des coefficients α, α_1 et des points critiques c_1 et c_2 telle que, dans tout cercle de centre origine et de rayon supérieur à R dans lequel $x = M(z)$ est holomorphe, ou bien la fonction $y = b(z)$ n'est pas méromorphe (elle y admet alors au moins un point critique) ou bien les degrés de multiplicité de toutes les racines de l'une au moins des équations*

$$M(z) = c_1, \qquad M(z) = c_2$$

situées dans le cercle (C) sont respectivement des multiples du nombre des branches des systèmes circulaires autour des points critiques c_1 et c_2 de $y = \varphi(x)$ qui correspondent au même point de la surface de Riemann relative à (1).

IV. *La courbe (1) étant toujours de genre quelconque, si la fonction $y = \varphi(x)$ admet au moins 2ν points critiques distincts $c_1, c_2, c_3, \ldots, c_{2\nu}$ à distance finie, il existe une quantité $R(a_1, b_1, a_2, b_2, \ldots, a_\nu, b_\nu, c_1, c_2, \ldots, c_{2\nu})$ ne dépendant que des nombres qui y figurent, telle que, dans tout cercle de centre origine et de rayon supérieur à R dans lequel la fonction $x = a(z)$ citée dans le théorème II est finie, ou bien la fonction $y = b(z)$ correspondante possède un nombre de branches supérieur à celui (ν) de $x = a(z)$ ou bien les degrés de multiplicité de toutes les racines, comprises dans (C), de l'une au moins des équations*

$$a(z) = c_i \quad [i = 1, 2, 3, \ldots, 2\nu],$$

sont des multiples respectivement du nombre des branches des systèmes circulaires autour des points critiques $c_1, c_2, \ldots, c_{2\nu}$ *de* $y = \varphi(x)$ *qui correspondent au même point de la surface de Riemann.*

Si, dans le voisinage d'une racine $z = \rho$ de l'équation $a(z) = u_2$, nous avons

$$a(z) - u_2 = (z-\rho)^{\frac{p}{q}} a_1(z),$$

le numérateur p s'appelle ici degré de multiplicité de la racine qui est, dans ce cas, point critique.

Le théorème III complète et précise celui de M. Picard au point de vue du genre; le théorème IV a un rôle analogue vis-à-vis de notre théorème II : il supprime la restriction imposée aux polynomes $p(z)$ et $q(z)$, et il précise que la quantité R ne dépend plus des $n_1, n_2, \ldots$.

GÉOMÉTRIE. — *Une interprétation géométrique de la seconde forme quadratique fondamentale d'une surface, en relation avec la théorie du parallélisme de M. Levi-Cività.* Note de M. **Octave Mayer**, transmise par M. Appell.

Soient, sur une surface donnée, $M(u, v)$ un point et $t(du, dv)$, $t'(\delta u, \delta v)$ deux directions issues de M. Par le point $M_1(u+du, v+dv)$ infiniment voisin dans la direction t_1 menons la direction t'_1 parallèle à t' dans le sens de M. Levi-Civitá et calculons la valeur principale $d\omega$ de l'angle formé par les directions t', t'_1. On sait que la direction t'_1 est, d'après sa définition, parallèle au plan normal en M et passant par t'; on a donc

$$d\omega = -\varepsilon \Sigma X \, d\alpha', \tag{1}$$

où X, Y, Z désignent les cosinus de la normale n au point M; α', β', γ' les cosinus de la direction t'

$$\alpha' = \frac{\partial x}{\partial u}\frac{\delta u}{\delta s} + \frac{\partial x}{\partial v}\frac{\delta v}{\delta s}, \qquad \ldots,$$

et ε prend les valeurs -1 ou $+1$ suivant que le trièdre $tt'n$ et le couple de droites $t't'_1$ ont ou n'ont pas la même orientation (dextrorsum ou sinistrorsum). On a encore

$$-\varepsilon\, d\omega = \sum \left[\frac{\partial^2 x}{\partial u^2}\frac{\delta u}{\delta s} du + \frac{\partial^2 x}{\partial u\, \partial v}\left(\frac{\delta v}{\delta s} du + \frac{\delta u}{\delta s} dv\right) + \frac{\partial^2 x}{\partial v^2}\frac{\delta v}{\delta s} dv + \frac{x}{\partial u} d\frac{\delta u}{\delta s} + \frac{\partial x}{\partial v} d\frac{\delta v}{\delta s} \right] X$$

ou

$$-\varepsilon\, d\omega\, \delta s = \mathrm{D}\, du\, \delta u + \mathrm{D}'(du\, \delta v + dv\, \delta u) + \mathrm{D}''\, dv\, \delta v.$$

Cette formule constitue une interprétation géométrique de la polaire de la seconde forme fondamentale et en particulier de cette forme même. Il est à remarquer que, en vertu de la symétrie du second membre,

$$d\omega\, \delta s = \delta\omega\, ds.$$

Posons

$$(2)\qquad \frac{1}{\mathrm{S}_{tt'}} = \varepsilon \frac{d\omega}{ds} = \varepsilon \frac{\delta\omega}{\delta s} = -\frac{\mathrm{D}\, du\, \delta u + \mathrm{D}'(du\, \delta v + dv\, \delta u) + \mathrm{D}''\, dv\, \delta v}{ds\, \delta s}.$$

Nous croyons naturel d'appeler $\frac{1}{\mathrm{S}_{tt'}}$ la courbure de parallélisme des directions t, t' au point M; elle mesure, pour une série de directions parallèles dans le sens de M. Levi-Civitá, l'écart du parallélisme euclidien.

La courbure de parallélisme est nulle pour deux directions conjuguées.

Nous allons montrer que la notion que nous venons d'introduire embrasse les notions de courbure normale et de torsion géodésique.

Si les directions t, t' coïncident, leur courbure de parallélisme égale la courbure normale $\frac{1}{\mathrm{R}_t}$. En effet, t' et t'_1 touchent alors en M et M_1 la géodésique passant par ces points et le rapport $\frac{d\omega}{ds}$ représente la valeur absolue de la courbure normale; il est ensuite évident, d'après notre définition, que les deux courbures ont le même signe [1].

On voit également, par la considération d'un arc de géodésique, que la torsion géodésique $\frac{1}{\mathrm{T}_t}$ au point M, dans la direction t, est égale à la courbure de parallélisme des directions perpendiculaires t, t', orientées de manière que le trièdre $tt'n$ soit sinistrorsum (comme le trièdre de référence).

La formule (2) nous donne les expressions connues de la courbure normale et de la torsion géodésique au moyen des deux formes fondamentales.

Si on rapporte la surface à ses lignes de courbure et que θ, θ' désignent les angles formés par les directions t, t' avec la ligne $v =$ const., issue du point M, la formule (2) s'écrit

$$\frac{1}{\mathrm{S}_{tt'}} = \frac{\sin\theta \sin\theta'}{\mathrm{R}_1} + \frac{\cos\theta \cos\theta'}{\mathrm{R}_2};$$

---

[1] Nous employons les conventions sur les signes de M. Bianchi (*Lezioni di geometria differenziale*).

en y faisant $\theta = \theta'$ et $\theta' = \theta + \frac{\pi}{2}$, on retrouve les formules d'Euler et de O. Bonnet. On trouve sans peine l'interprétation géométrique suivante : Si l'on prend, sur les diamètres t, t' de l'indicatrice de Dupin, deux points P, P' conjugués par rapport à cette conique, le produit des rayons vecteurs MP.MP' est constant et égal à la courbure de parallélisme des directions t, t'.

Cherchons une relation entre les deux courbures $\frac{1}{\rho}$, $\frac{1}{\tau}$ d'une ligne tracée sur la surface et la courbure de parallélisme d'une série de directions parallèles issues des points de la ligne envisagée. Soient (α, β, γ), (ξ, η, ζ), (λ, μ, ν) les cosinus directeurs de la tangente t, de la normale principale et de la binormale au point M de la ligne considérée; φ l'angle de la normale principale avec la normale n; ψ l'angle de la direction t' issue de M avec la tangente t. On a

$$X = \xi \cos\varphi + \lambda \sin\varphi,$$
$$\alpha' = (\xi \sin\varphi + \lambda \cos\varphi) \sin\psi + \alpha \cos\psi,$$
$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots,$$

d'où, en substituant dans (1) et appliquant les formules de Frenet, il résulte

$$\frac{1}{S_{tt'}} = \left(\frac{1}{\tau} - \frac{d\varphi}{ds}\right) \sin\psi - \frac{\cos\varphi}{\rho} \cos\psi.$$

Cette formule contient $\left(\text{pour } \psi = 0 \text{ et } \psi = \frac{\pi}{2}\right)$ les formules de Meusnier et de O. Bonnet

$$\frac{1}{R} = -\frac{\cos\varphi}{\rho}, \qquad \frac{1}{T} = \frac{1}{\tau} - \frac{d\varphi}{ds}.$$

Signalons enfin la formule suivante, qu'il est facile d'établir :

$$\left(\frac{1}{S_{tt'}}\right)^2 = \frac{1}{R_t} \frac{1}{R_{t'}} - K \sin^2\psi,$$

où K indique la courbure totale. Le théorème de Beltrami-Enneper, sur la torsion des lignes asymptotiques, en est un cas particulier correspondant à $\psi = \frac{\pi}{2}$, $\frac{1}{R_t} = 0$, $\frac{1}{T_t} = \frac{1}{\tau}$.

MOTEURS THERMIQUES. — *Au sujet de l'emploi des alliages légers pour les pistons de moteurs à explosion.* Note de M. P. **Dumanois**, présentée par M. Rateau.

L'augmentation de puissance massique du moteur à explosions, qui a permis de réaliser le moteur d'aviation, est en grande partie due à l'emploi de pistons en aluminium ou d'alliages d'aluminium.

Ce métal a, en effet, deux propriétés fondamentales : grande légèreté spécifique et grande conductibilité thermique qui conviennent spécialement en la circonstance.

Depuis, sur certains moteurs de courses en particulier, on a substitué à l'aluminium le magnésium, dont la densité n'est que 0,675 de celle de l'aluminium.

Il est certain que, toutes choses égales, la réduction de poids des pistons a un gros intérêt au point de vue mécanique, en diminuant les forces d'inertie alternatives et en permettant ainsi d'augmenter le nombre de tours du moteur, et, par suite, sa puissance massique.

Mais le côté mécanique, lorsqu'il s'agit d'un moteur à explosion, ne constitue qu'une partie du problème ; c'est en effet le point de vue thermique qui doit être le premier examiné. Or, si nous considérons un moteur donné, pour qu'il ait une endurance suffisante, il est nécessaire que les parois de la chambre à combustion, et, en particulier, du piston ne soient pas portées à une température trop élevée, ce qui exige une valeur minima du rapport du coefficient de conductibilité thermique C à l'épaisseur e de la paroi du piston. Donc, pour qu'en substituant, dans un moteur donné, un métal à un autre, on conserve néanmoins les mêmes conditions de refroidissement, il faut que le rapport $\frac{C}{e}$ soit maintenu constant.

Dans le cas particulier de la substitution du magnésium à l'aluminium, il faudrait donc que l'épaisseur du piston fût réduite à 79 pour 100 de ce qu'elle est avec le piston en aluminium, car la conductibilité du magnésium n'est que 0,79 de celle de l'aluminium. Or les qualités mécaniques du magnésium ne permettent pas généralement cette réduction.

Si, en particulier, on s'en tient à l'égalité des fatigues mécaniques, on est conduit à des épaisseurs de pistons en magnésium égales à celles du piston en aluminium et, par suite, la température de la paroi du fond de piston en contact avec les gaz chauds sera plus élevée. Or, déjà avec l'aluminium, sur certains moteurs d'aviation, cette température est de l'ordre de celle de la fusion du plomb (327°).

A un autre point de vue, en admettant qu'un alliage convienne pour le piston d'un moteur donné, sera-t-il possible de le conserver pour un moteur géométriquement semblable dans le rapport λ ? Dans ce cas, il y a lieu de tenir compte du rapport de la quantité de chaleur contenue dans le cylindre, proportionnelle à son volume, à la surface rayonnante de celui-ci. Or, ce rapport est précisément égal à λ. Il en résulte que, au fur et à mesure que l'alésage augmentera, il sera nécessaire d'avoir des alliages plus conducteurs pour les fonds de piston ; ainsi donc, l'emploi de pistons en magnésium pourra être, non seulement satisfaisant au point de vue de l'amélioration des propriétés mécaniques, mais encore favorable au point de vue du rendement thermique dans le cas d'un moteur de petit alésage.

En effet, étant donnée la valeur élevée de la surface de refroidissement par rapport aux calories contenues dans le cylindre, il y a intérêt à freiner l'écoulement de celles-ci par le piston, sans avoir à craindre d'élévation de température anormale de ses parois.

Au contraire, pour un moteur de gros alésage, il faudra des alliages à grande conductibilité, permettant un écoulement de calories, de façon à éviter une élévation trop grande de la température des fonds de piston.

Il est à remarquer, à ce propos, que la chaleur spécifique n'influe pas sur les phénomènes d'échange de chaleur; elle intervient simplement pour retarder de quelques instants l'établissement du régime d'équilibre.

Il est donc intéressant de pouvoir, *a priori*, déterminer la possibilité d'emploi d'un alliage donné pour le piston d'un moteur. Or, la quantité de chaleur introduite dans le cylindre par unité de temps est sensiblement proportionnelle à sa puissance F, et sa surface rayonnante est proportionnelle au produit de la course C par l'alésage D.

Par conséquent le rapport $\frac{F}{C \times D}$ mesure, en quelque sorte, la difficulté de refroidissement du fond de piston, et nous retrouvons ainsi, dans ce cas particulier, le coefficient de fatigue générale dont nous avons préconisé l'emploi, en 1921, dans un Mémoire que l'Académie a bien voulu couronner d'un de ses prix.

En particulier, F étant exprimé en chevaux, D et C en décimètres, on peut considérer, avec les méthodes actuelles de construction des moteurs d'aviation à refroidissement par eau, cylindre en acier et enveloppe en tôle, que, lorsque la valeur du coefficient atteint 16, il est contre-indiqué d'employer un alliage ayant une conductibilité plus faible que celle de l'aluminium.

NAVIGATION AÉRIENNE. — *Sur le tracé des droites de hauteur et son application à la navigation aérienne au-dessus des mers.* Note de M. **A. Barbaud**, transmise par M. Émile Borel.

On sait qu'à toute hauteur d'astre observée à une heure connue du premier méridien correspond un cercle de la sphère qui est le lieu géométrique de toutes les positions possibles de l'observateur. Dans la pratique, il est difficile de recourir au tracé d'un tel cercle dont la ligne représentative peut prendre, sur une carte, les formes les plus diverses (ovale fermée, sinusoïde ou parabole); aussi ramène-t-on à la forme linéaire l'équation de condition que fournit une hauteur en considérant le plan tangent à la sphère au point estimé et en prenant ce dernier comme origine des coordonnées rectangulaires. L'axe des x étant dirigé dans le sens des longitudes, celui des y parallèlement au méridien, l'équation de condition devient :

$$p = x\cos Z + y\sin Z$$

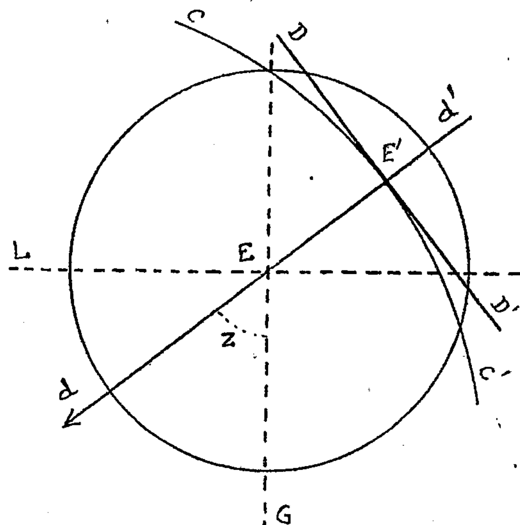
qui est celle d'une droite d'orientation perpendiculaire à l'azimut Z de l'astre et dont le point déterminatif est donné par la constante p, grandeur de la perpendiculaire abaissée du point estimé sur la droite. La droite de hauteur ainsi substituée à la courbe de hauteur est également un lieu géométrique de la position de l'observateur qu'on admet être situé de part et d'autre du point déterminatif sur une portion restreinte de la droite.

Quelle que soit la manière de se déplacer de l'observateur, il est évident que les principes ci-dessus de la navigation astronomique restent les mêmes; mais, s'ils sont d'une application commode pour les marins et les explorateurs, faute d'une technique de calcul appropriée à leurs besoins, les aviateurs sont pratiquement dépourvus, au-dessus des mers, des moyens de fixer leur position sur le globe. L'étude de la question à laquelle nous nous sommes livré nous permet de présenter une solution générale et suffisamment rigoureuse du problème. Notre technique s'appuie sur la nécessité de dispenser l'aviateur de calculs longs et minutieux dont le résultat, connu par suite dans un lieu très différent de celui de l'observation, lui est presque inutile et de lui éviter aussi une source d'embarras quant au choix, qui n'est pas indifférent, de la méthode à employer. A cet égard, nous demanderons à la méthode dite du point rapproché, les ressources qu'elle offre au point de vue de la généralité et des facilités d'interprétation: elle ne nécessite pas en effet de circonstances favorables et permet, par la simple

comparaison de deux nombres, de conclure immédiatement si l'observateur se trouve à l'intérieur ou à l'extérieur du cercle de hauteur défini plus haut. Nous rappellerons aussi que le procédé donne, en outre d'une droite de position, un point déterminatif jouissant du privilège d'être toujours plus près du point vrai que ne l'est le point estimé, et nous poserons le problème de la manière suivante : *Un aviateur partant de* A *à telle heure de telle date se propose d'observer la hauteur de l'astre* α *en un point* E *de coordonnées géographiques* L, G. *En suivant un certain cap, on suppose qu'il franchira le point* E *à l'altitude* h *dans l'intervalle de* T' — T *du chronomètre dont l'état absolu est connu. Déterminer la droite de hauteur de l'astre* α *et en effectuer le tracé ?*

En combinant les vitesses extrêmes de l'avion et sa dérive probable, évaluons en milles marins la plus grande erreur possible de l'estime et soit e cette erreur.

Sur la carte de Mercator, avec E comme centre et à l'échelle correspondante, traçons une circonférence de rayon e. Cette circonférence limitera



nécessairement une *aire de certitude* qui contiendra le point vrai, et toute observation de la hauteur de l'astre α donnera, en partant des coordonnées de E et à un instant quelconque de l'intervalle fixé, une droite de hauteur qui sera sécante à la circonférence limite : son point déterminatif, en l'espèce le point rapproché, se trouvera quelque part sur le diamètre dd' si Ed est la direction de l'astre et l'angle Z son azimut. Or Z peut être

connu préalablement avec la latitude de L et l'angle au pôle de α pris pour l'instant $\frac{T'-T}{2}$: le calcul de l'azimut s'effectue rapidement à l'aide de ces données et avec toute la précision désirable en utilisant les Tables de Perrin ou autres. En tout cas, en ne dépassant pas 20 minutes pour $T'-T$ et pour $e < 50$ milles, nous avons calculé que l'erreur à craindre sur la position du point rapproché n'excédait pas 2 milles dans les conditions usuellement défavorables à la détermination de l'azimut. Nous pouvons donc tracer d'avance le diamètre dd' sur lequel se trouvera le point déterminatif cherché. Maintenant soit E' ce point. On doit avoir $EE' = \pm p$ suivant que E est extérieur ou intérieur au cercle de hauteur CC' auquel doit être substituée la droite DD' qui lui est tangente en E'.

D'autre part p est lié au système de projection imaginé par Mercator par l'expression $p = \frac{R(H'-H)}{\cos L}$ dans laquelle R est le rayon de la Terre, $H'-H$ la différence des hauteurs des points E et E': il se déduit sans calcul des cartes elles-mêmes en mesurant à l'échelle des latitudes croissantes une longueur $H'-H$ pour la latitude L. L'observation donnant H' il reste à déterminer H pour un instant du chronomètre qui doit être le même que celui, inconnu, de H'. Mais comme nous nous imposons d'observer au cours d'un intervalle préalablement fixé, nous calculerons d'abord deux valeurs, H_1 pour T et H_2 pour T' : en conservant les notations usitées en astronomie nautique pour la déclinaison et l'angle au pôle de α, on a dans le triangle de position correspondant à E :

$$\sin H_1 = \sin L \sin D_1 + \cos L \cos D_1 \cos P_1$$
$$\sin H_2 = \sin L \sin D_2 + \cos L \cos D_2 \cos P_2.$$

En considérant la hauteur comme une variable proportionnelle au temps, nous pourrons à l'aide des deux valeurs conclues établir un graphique donnant les valeurs intermédiaires, de minute en minute de temps par exemple, de manière que l'interpolation à vue en soit facile et l'on appliquera aux nombres obtenus les corrections relatives à la dépression de l'horizon pour l'altitude h, à la réfraction et, suivant la nature de α, au demi-diamètre.

Toutes les opérations précitées pouvant s'effectuer avant le départ, les calculs à exécuter en l'air se réduisent à une simple soustraction donnant la longueur de p. Il suffira de porter cette dernière de part ou d'autre de E sur dd' qui comportera une graduation susceptible de permettre l'évaluation d'une longueur en milles marins.

Notons en outre que les hauteurs prises à l'horizon artificiel étant affranchies de la correction relative à la dépression, ce procédé d'observation n'impose pas la condition d'observer à une altitude déterminée, ce qui simplifie les données du problème; nous avons cru utile, néanmoins, d'envisager le cas plus général de hauteurs prises à l'horizon visuel.

PHYSIQUE. — *Résistance électrique et densité des cuivres cémentés par des sels.* Note [1] de MM. T. **Peczalski** et A. **Launert**, présentée par M. H. Le Chatelier.

1. Il a été observé par l'un de nous [2] que la cémentation du cuivre par les sels métalliques produit un changement notable de ses propriétés physiques.

Afin d'étudier ce phénomène nous avons cémenté des baguettes de cuivre pur de $4^{mm},51$ de diamètre dans le chlorure de calcium ou de potassium à une température légèrement inférieure aux points de fusion de ces sels.

Le chauffage a été fait dans un four à résistance électrique de 30^{cm} de longueur et de 5^{cm} de diamètre. Un tube de fer à double paroi assurait une température plus régulière, les inégalités des températures du four étant amoindries par la conductibilité du métal.

La baguette de cuivre de 15^{cm} de longueur est placée au milieu du tube de fer, bien entourée de sel desséché et pulvérisé. On met le tube de fer à l'intérieur du four après que la température à laquelle on veut faire la cémentation est atteinte. Le tube contenant la baguette et le sel reste dans le four pendant un temps déterminé.

La baguette une fois retirée du four est refroidie, bien lavée avec de l'eau, puis est soumise aux mesures.

Nous avons mesuré la résistance électrique de la baguette avec le pont de Thomson. Ces mesures étaient toujours faites sur les mêmes longueurs.

Avant les mesures de résistances nous avons mesuré les diamètres des baguettes à l'aide d'un micromètre.

Nous avons ainsi constaté un gonflement du métal après la cémentation.

2. Les résultats des mesures comprennent : 1° les mesures du temps de

(1) Séance du 2 juin 1924.

(2) T. Peczalski, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1813.

cémentation (τ en heures), 2° les résistances électriques (r) rapportées à la température de 15° C.; 3° les diamètres (d) de la baguette en millimètres. A l'aide de ces données on calcule l'augmentation relative du volume $\left(\frac{\Delta v}{v}\right)$ et la résistance spécifique (ρ) en ohms-centimètres.

Baguette cémentée dans KCl.

τ.	d.	$r.10^4$.	$\rho.10^6$.	$\frac{\Delta v}{v}$.
0	4,51	1,380	1,801	0
1	4,57	1,405	1,841	0,04
3	4,64	1,427	1,929	0,087
6	4,70	1,447	2,007	0,127

D'après ce tableau on voit que le volume du cuivre cémenté dans KCl pendant 6 heures a augmenté de 12,7 pour 100 et sa résistivité électrique de 11 pour 100.

Baguette de cuivre cémentée dans $CaCl^2$.

τ.	d.	$r.10^4$.	$\rho.10^6$.	$\frac{\Delta v}{v}$.
0	4,51	1,380	1,801	0
1	4.56	1,410	1,841	0,033
3	4.58	1,412	1,860	0,047
6	4.62	1.410	1,930	0,073

On voit sur ce tableau que le volume du cuivre cémenté dans $CaCl^2$ pendant 6 heures augmente de 7,3 pour 100 et sa résistance électrique de 7,2 pour 100.

L'examen microscopique des échantillons du cuivre, cémenté pendant 6 heures, que l'on a coupés ensuite suivant le rayon de la baguette, montre que les inclusions de KCl ou de $CaCl^2$ apparaissent en plus grand nombre près de la surface de la baguette.

3° Les mesures de la densité du cuivre cémenté dans KCl et dans $CaCl^2$ pendant 6 heures ont donné :

	Densité.
Cu	8,930
Cu (+KCl)	8,347
Cu (+$CaCl^2$)	8,538

Ces mesures montrent que la pénétration de KCl dans le cuivre produit une diminution de densité de celui-ci de 6,3 pour 100. La pénétration de $CaCl^2$ à la même température produit une diminution de 4,4 pour 100. Des valeurs des changements de volume et de densité du cuivre cémenté

on déduit que les densités mesurées sont supérieures aux densités qu'on peut calculer par la règle des mélanges appliquée au cas du mélange cuivre-sel.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre d'absorption du brome.* Note de M. P. **Bovis**, présentée par M. A. Cotton.

Le spectre d'absorption du brome, à l'état liquide comme à l'état gazeux, comprend une large bande qui commence dans le rouge et atteint son maximum dans le violet. M. Ribaud ([1]) a étudié numériquement l'opacité de la vapeur de brome et a signalé l'intérêt que présenterait une étude analogue sur le liquide, permettant ainsi de comparer les spectres d'absorption d'un corps simple sous deux états moléculaires différents. Il n'a été fait, jusqu'ici, que quelques mesures dans la région de faible absorption — rouge et vert — par M. Camichel ([2]). Une telle recherche, étendue à toute la bande, présente quelque difficulté par suite de l'opacité considérable du brome liquide. Une épaisseur de 6^{μ} ne transmet guère, comme on le verra, que la dix-millième partie de l'intensité d'un faisceau incident de longueur d'onde $0^{\mu},417$. L'étude de l'absorption du brome exige donc des mesures spectrophotométriques sur des lames liquides extrêmement minces et d'épaisseur cependant bien connue. J'ai trouvé commode d'étaler une goutte de brome pur entre deux petites lames de quartz, l'ensemble étant bloqué par une épaisse garniture périphérique constituée par un mélange de cires convenables. Je n'utilise, de la lame, qu'une plage circulaire transparente de 5^{mm} de diamètre délimitée par un diaphragme.

Les mesures spectrophotométriques ont été faites par photographie. Un faisceau lumineux émis par une lampe Nernst (alimentée par une bonne batterie d'accumulateurs) traverse un système de deux prismes de Glazebrook parallèles, puis la lame absorbante. Il pénètre ensuite dans un spectrographe et impressionne une plaque photographique. Sur la même plaque, on fait des poses identiques (même régime pour la lampe Nernst, même durée d'exposition) mais après avoir croisé d'un certain angle les prismes de Glazebrook et substitué à la lame absorbante une simple lame de quartz. On obtient ainsi, sur le cliché, une série de plages juxtaposées, dont les unes représentent le spectre d'absorption du brome, tandis que pour les

---

([1]) *Annales de Physique*, t. 12, 1919, p. 178.
([2]) *Comptes rendus*, t. 117, 1893, p. 307.

autres, l'affaiblissement de lumière dû au brome est remplacé par une réduction facile à calculer à partir de l'angle de croisement correspondant des Glazebrooks.

Enfin, pour repérer les longueurs d'onde sur le cliché, on photographie le spectre de l'arc au mercure.

Le cliché, après avoir été développé, fixé et séché, est examiné au microphotomètre suivant la technique exposée par MM. Buisson et Fabry dans leur travail sur les lois du noircissement des plaques photographiques [1].

Pour chaque longueur d'onde, les diverses poses avec Glazebrooks croisés permettent de tracer la courbe de noircissement du cliché : on l'obtient en portant en abscisses la densité optique du système des deux Glazebrooks croisés, en ordonnées la densité correspondante du cliché. On repère, sur cette courbe, le point dont l'ordonnée a pour valeur la densité de la plage d'absorption du brome pour la longueur d'onde choisie. L'abscisse qui lui correspond est la densité optique de la lame absorbante; on en déduit celle du brome, compte tenu d'une légère correction due aux pertes de lumière par réflexion sur les lames de quartz.

Mentionnons enfin que l'étude photographique de l'absorption du brome dans la région verte du spectre a été contrôlée et même complétée par des observations visuelles à l'aide d'un spectrophotomètre Jobin-Yvon.

Il reste à mesurer l'épaisseur du brome : celui-ci attaque la cire et disparaît progressivement, de sorte que la lame absorbante devient une lame d'air d'épaisseur e très sensiblement constante pour la petite région utilisée. Un faisceau de lumière blanche réfléchi normalement sur la lame d'air et reçu dans un spectroscope, fournit un spectre cannelé. Connaissant les longueurs d'onde correspondant aux diverses cannelures, on déduit la valeur de e. On fait cette détermination alors que le brome n'a pas encore totalement disparu de la plage d'observation délimitée sur la lamelle absorbante.

Le tableau suivant résume les mesures et donne, pour diverses longueurs d'onde, les densités optiques d'une épaisseur de brome liquide de 1^{μ}, la densité optique étant définie comme le logarithme ordinaire du rapport de l'intensité du faisceau incident à l'intensité du faisceau transmis.

---

(1) *Revue d'Optique théorique et instrumentale,* t. 3, 1924, p. 1.

Longueurs d'onde.	Densités optiques.
μ 0,380	0,350
0,390	0,470
0,400	0,580
0,405	0,620
0,408	0,640
0,411	0,658
0,417 max	0,673
0,420	0,671
0,425	0,660
0,436	0,595
0,460	0,425
0,480	0,303
0,490	0,257
0,500	0,210
0,520	0,146
0,540	0,096

Le maximum de densité optique s'élève à 0,67 et correspond à la longueur d'onde $0^{\mu},417$. Or il résulte du travail de M. Ribaud sur le spectre d'absorption de la vapeur de brome qu'un cylindre de cette vapeur renfermant le même poids de matière absorbante qu'un cylindre de brome liquide d'épaisseur un micron présente un maximum de densité égal à 0,318 pour la radiation $0^{\mu},415$. On voit que les maxima d'absorption correspondent sensiblement à la même longueur d'onde pour le brome liquide et pour sa vapeur, mais ces valeurs maxima rapportées à la même masse de brome sont bien différentes, la densité optique du liquide étant plus du double de celle de la vapeur.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'origine du premier et du second groupe positif du spectre de bandes de l'azote.* Note de M. **M. Duffieux**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai montré que parmi les groupes de bandes de l'azote, le premier groupe positif est émis par la molécule et le second groupe positif par l'atome [1].

Ce résultat est confirmé par la discussion de certaines expériences où l'émission de ces groupes est accompagnée d'un changement dans l'état moléculaire du corps. Il en est ainsi dans les expériences de Fowler et

[1] *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 474.

Strutt sur l'azote actif (¹). Dans ces expériences, un courant d'azote pur est soumis à des décharges condensées très puissantes. Pendant que le gaz traverse la décharge, il émet seulement les deuxième et quatrième groupes positifs. Après qu'il est sorti du volume où passe la décharge, le gaz reste encore lumineux, mais il n'a plus le même spectre : il émet une partie des bandes du premier groupe positif, le troisième groupe positif et des bandes spéciales dites de l'azote phosphorescent. Cette séparation du premier et du second groupe est conforme à leur attribution respective à la molécule et à l'atome d'azote. En effet, sur le passage de la décharge, les particules électrisées sont très nombreuses et animées de grandes vitesses. Leurs chocs contre les molécules sont toujours assez énergiques pour briser celles-ci en atomes, et assez nombreux pour entretenir cet état de dissociation. En ce point, les seules particules en état d'émettre sont des atomes et l'on ne doit y observer que les bandes émises par l'atome. Plus loin, au contraire, les atomes abandonnés à eux-mêmes se réunissent en molécules. Cette recombinaison est accompagnée de phosphorescence; les particules lumineuses sont alors les molécules revenant à leur équilibre normal.

Pour confirmer ces résultats, il m'a paru intéressant d'obtenir sûrement des atomes d'azote dans la décharge électrique en y dissociant des composés dont la molécule ne contient qu'un atome d'azote. J'ai utilisé l'oxyde azotique NO et le peroxyde d'azote NO^2.

Appareils. — Le tube à décharge comportait deux ampoules réunies par un tube rectiligne de 40^{cm} de long et de 5^{mm} de diamètre intérieur. A l'une des extrémités de ce tube et suivant son axe, jaillissait un courant continu de gaz neuf dont les produits de dissociation étaient enlevés à l'autre extrémité par une pompe. La pression à l'intérieur du tube était de 3 à 5^{mm} de mercure, la vitesse du gaz de l'ordre de 2^{m} par seconde. J'appliquais entre les électrodes une tension alternative de 4000 volts à 50 périodes. L'évolution du spectre émis par le gaz au cours de son passage dans le tube était suivie, soit visuellement à l'aide d'un spectroscope, soit en photographiant le tube à travers un réseau.

Dissociation de l'oxyde azotique. — Le gaz s'illumine dès son entrée dans le tube en émettant le deuxième groupe et les bandes caractéristiques des oxydes qui ont été décrites par Gehloss (²). Il n'y a d'abord aucune trace du premier groupe, mais à mesure que le gaz s'avance dans le tube les bandes des oxydes s'affaiblissent et disparaissent, tandis que les bandes du premier

(¹) *Proc. Roy. Soc.*, série A, vol. 85, 1911, p. 377.
(²) *Ann. der Phys.*, 4ᵉ série, vol. 24, 1907, p. 553.

groupe apparaissent. Cette substitution est d'autant plus lente que le courant électrique est moins intense. Pour des courants très faibles, le gaz ne donne à la sortie que des traces du premier groupe. Le deuxième groupe conserve à peu près d'un bout à l'autre la même intensité. Toutefois il a un peu plus d'éclat à l'entrée du gaz où la dissociation semble la plus active et à la sortie du gaz où la proportion d'azote pur est la plus grande. D'autre part tout le tube est plein de la belle phosphorescence jaune d'or qui serait due, selon Strutt, à la formation du peroxyde d'azote [1].

Dissociation du peroxyde d'azote. — Le phénomène est plus complexe et j'en décris seulement les aspects essentiels.

Dès son entrée dans le tube, le gaz se dissocie et forme une flamme violette de quelques centimètres, dont la longueur décroît lorsque l'intensité de courant croît. Cette flamme émet avec un grand éclat le deuxième groupe et les bandes caractéristiques des oxydes. On n'y aperçoit aucune trace du premier groupe. Elle est suivie d'une région sombre de quelques millimètres, où l'on distingue à peine le deuxième groupe.

Au delà, le tube redevient brillant. Les bandes du premier groupe apparaissent très lentement, plus lentement qu'avec l'oxyde azotique, et font virer au rose la lueur émise. Simultanément les bandes du deuxième groupe reprennent un peu d'intensité. L'ensemble des deux groupes se rapproche de plus en plus du spectre qu'émettrait l'azote pur. Les bandes des oxydes ne disparaissent jamais complètement. La phosphorescence dorée est beaucoup plus intense que dans le cas de l'oxyde azotique. Elle persiste longtemps dans le tube d'évacuation du gaz. Chose curieuse, elle n'existe pas dans la flamme violette où la dissociation est la plus active.

Conclusion. — L'évolution du spectre émis par le gaz et la localisation du premier et du deuxième groupe positif sont dans les deux cas parfaitement conformes à leur attribution respective à la molécule et à l'atome d'azote. La dissociation des oxydes à leur entrée dans le tube produisant des atomes d'azote, le spectre du gaz qui se dissocie ne contient que les bandes de l'atome, à l'exclusion des bandes de la molécule. Celles-ci apparaissent avec la recombinaison des atomes en molécules. Le cas du peroxyde d'azote dont la dissociation très brutale est accompagnée de l'émission intense du spectre de l'atome incline à penser que la rupture de la molécule et le retour de l'atome à son équilibre d'atome isolé sont, à cet endroit et dans ce cas, la cause effective de l'émission du deuxième groupe positif.

---

(1) *Proc. of Phys. Soc.*, vol. 23, 1910, p. 66; vol. 23, 1911, p. 147.

OPTIQUE. — *La théorie électromagnétique de l'activité optique et le postulat de Mac Cullagh.* Note de M. **H. Chipart**, présentée par M. A. Cotton.

Pour expliquer la double réfraction et la polarisation rotatoire naturelle, Mac Cullagh avait admis que le potentiel interne U qui figure dans l'équation du travail virtuel

$$\int \rho\left(\frac{\partial^2\xi}{\partial t^2}\delta\xi + \frac{\partial^2\eta}{\partial t^2}\delta\eta + \frac{\partial^2\zeta}{\partial t^2}\delta\zeta\right)d\varpi \equiv \int \delta U . d\varpi$$

est seulement fonction des deux premiers rotationnels du déplacement ξ, η, ζ.

Transposé dans le domaine de l'électromagnétisme le postulat de Mac Cullagh fournit cet énoncé ([1]) :

La propagation d'une perturbation électromagnétique satisfait au système d'équations

$$(1) \qquad \frac{\partial E}{\partial t} + \frac{\partial P}{\partial t} = \operatorname{curl} B, \qquad -\frac{\partial B}{\partial t} = \operatorname{curl} E, \qquad \int (P . \delta E)\, d\varpi \equiv \int \delta W\, d\varpi,$$

dans lesquelles figure un potentiel interne W, *fonction du champ électrique* E *et de son rotationnel* $R = \operatorname{curl} E$

$$(2) \qquad W = W(E_x, E_y, E_z, R_x, R_y, R_z).$$

Ce postulat entraîne d'importantes simplifications dans les définitions du vecteur P et du vecteur radiant Π. Si l'on tient compte des égalités (3), conséquences de (2) :

$$(3) \qquad \frac{\partial W}{\partial \frac{\partial E_x}{\partial x}} = 0, \qquad \frac{\partial W}{\partial \frac{\partial E_z}{\partial y}} = -\frac{\partial W}{\partial \frac{\partial E_y}{\partial z}} = \frac{\partial W}{\partial R_x}, \qquad \dots$$

les expressions antérieurement données ([2]) pour P et Π se réduisent à

$$(4) \qquad P = \frac{\partial W}{\partial E} + \operatorname{curl} S,$$

$$(5) \qquad \Pi = \left[E . B - \frac{\partial S}{\partial t}\right] \qquad \text{avec} \qquad S = \frac{\partial W}{\partial R}.$$

([1]) Pour faciliter la comparaison avec les théories de Drude et de Voigt, nous désignerons dorénavant par B le vecteur précédemment noté H.

([2]) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1213, et t. 178, 1924, p. 1532.

On retrouve ainsi l'énoncé classique de Poynting :

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_u \left(\frac{E^2+B^2}{2}+W\right)d\varpi = \int_s [E.H]_N\, d\omega, \tag{5}$$

H désignant le vecteur auxiliaire

$$H = B - \frac{\partial S}{\partial t}.$$

Après introduction du vecteur H, le système (1) s'écrit

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(E+\frac{\partial W}{\partial E}\right) = \operatorname{curl} H, \qquad -\frac{\partial B}{\partial t} = \operatorname{curl} E, \qquad H = B - \frac{\partial S}{\partial t}. \tag{1'}$$

Au point de vue formel ce système (1′) présente d'étroites analogies avec ceux proposés par Drude (seconde théorie) et par Voigt ([1]). Si l'on fait abstraction des termes d'inertie et de viscosité, que nous avons systématiquement laissés de côté, on passe de l'un à l'autre de ces trois systèmes en négligeant les carrés et les doubles produits des neuf paramètres d'activité optique A'_0, A''_0, ..., C'''_0 qui figurent dans l'expression du potentiel interne :

$$W = \frac{1}{2}\varphi(E_x, E_y, E_z) + (A_0.E)R_x + (B_0.E)R_y + (C_0.E)R_z,$$

avec

$$(A_0.E) = A'_0 E_x + A''_0 E_y + A'''_0 E_z.$$

Les nouveaux paramètres A'_0, A''_0, ..., C'''_0 sont identiques aux paramètres A', A'', ..., C''' précédemment définis ([2]), à l'exception des trois paramètres A', B'', C''' qui sont liés aux A'_0, B''_0, C'''_0 par les relations

$$A' = A'_0 - J_0, \qquad B'' = B''_0 - J_0, \qquad C''' = C'''_0 - J_0,$$

J_0 désignant l'invariant $A'_0 + B''_0 + C'''_0$.

Comme nous l'avions précédemment énoncé, le postulat de Mac Cullagh ne restreint donc pas la généralité des résultats, tant qu'il s'agit de propagation dans un milieu homogène illimité.

L'intérêt capital du postulat de Mac Cullagh est de ramener l'étude de la réflexion et de la réfraction à celle de la propagation dans un milieu illimité, cette dernière étude faisant connaître tous les coefficients du potentiel interne ainsi défini. La mise en équation du problème de la réflexion et de la réfraction est fournie par le théorème suivant :

---

(1) *Göttinger Nachrichten*, t. 2, 1903, p. 155.
(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 77.

THÉORÈME. — *A la traversée de la surface séparant deux milieux différents les composantes tangentielles des deux vecteurs* E *et* H *sont continues.*

Ce théorème est une application classique du principe de la couche de passage, principe qu'on peut énoncer comme suit : *En tout point de la zone de transition les deux vecteurs* E *et* B *qui caractérisent l'état de l'éther restent finis.*

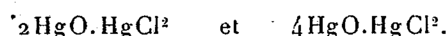
Appliquant ce principe aux équations (1′) valables pour tout milieu hétérogène nous déduisons de l'équation de Faraday que le rotationnel R ainsi que les deux vecteurs $\frac{\partial W}{\partial E}$ et $\frac{\partial W}{\partial R}$ restent finis dans la couche de passage. A son tour l'équation d'Ampère apprend que le rotationnel de H reste fini.

Les rotationnels de E et de H étant finis la continuité des composantes tangentielles de E et de H s'en déduit immédiatement. On voit de plus que la composante normale du vecteur radiant est continue.

Ce dernier résultat permet d'étendre la portée de l'énoncé de Poynting, que nous n'avions antérieurement démontré que pour une surface *s* entièrement comprise à l'intérieur d'un milieu ([1]). Π_N étant continu, il n'existe pas d'énergie électromagnétique localisée dans les zones de passage et par conséquent l'égalité (5) reste valable pour toute surface fermée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la formation directe des oxychlorures, des oxybromures et des oxyiodures mercuriques.* Note de M. **H. Pélabon**, présentée par M. A. Haller.

On sait que l'oxyde de mercure et le sublimé peuvent se combiner directement. Toda ([2]) a montré que si les deux corps sont agités avec de l'eau à la température 35°, ils ne produisent que les composés



$$2HgO.HgCl^2 \quad \text{et} \quad 4HgO.HgCl^2.$$

En reprenant les expériences de Toda à la température de 15° nous avons constaté que l'équilibre est atteint en un temps beaucoup plus long et que la nature du verre des vases à réactions influe sur cet équilibre. Selon la nature du verre employé, non seulement la vitesse de la réaction est différente, mais la composition finale du système est modifiée.

Des tubes ont été garnis de masses connues des trois composés, on les a

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1532.

(2) TODA, *J. Chem. Soc. Japan*, t. 43, 1922, p. 312.

scellés puis disposés sur un plateau circulaire vertical qui, par une rotation lente, réalise une agitation régulière et dans des conditions identiques pour tous les tubes en expérience. Les masses des trois corps ont été choisies de manière à produire l'oxychlorure noir $2HgO.HgCl^2$; il était alors facile de suivre par le changement de teinte la marche de la réaction.

Les tubes formés de verre très fusible à base de soude et dans lesquels l'eau pure prend une réaction alcaline par agitation, noircissent en quelques heures, tandis que les tubes en verre d'Iéna, très peu fusibles et pratiquement inattaquables par l'eau, sont encore nettement jaunes après 10 jours d'agitation. Les tubes en quartz noircissent encore, mais avec une extrême lenteur. Une goutte d'alcali ou de chlorure alcalin, au $\frac{1}{100}$ normale, introduite dans ces tubes les faisait noircir rapidement.

Pour juger de l'importance de la cause d'erreur due aux vases à réactions, nous avons agité de l'eau pure dans des tubes de verre. Dans le cas du verre fusible à base de soude, la quantité d'alcali formé, après 8 jours d'agitation, correspondait à $0^g,06$ de soude caustique par litre ou $0^m,0015$. Dans les mêmes conditions, le verre d'Iéna à base de potasse produisait une liqueur à $0^m,0003$. Ces observations montrent bien que si l'on veut étudier le système : eau - chlorure mercurique - oxyde de mercure, il faut éviter l'emploi de vases de verre qui, finalement, par l'alcali qu'ils cèdent modifient l'équilibre. Il faut toutefois reconnaître que, même en l'absence de traces d'alcali, l'oxyde et le sublimé peuvent s'unir directement. La combinaison se fait même plus facilement avec la forme rouge de l'oxyde qu'avec la forme jaune; elle a lieu également si les deux corps sont secs. Il suffit de superposer ceux-ci dans un tube en quartz pour apercevoir à la surface de séparation, après quelques heures, une zone noire qui s'élargit avec le temps et qui envahit peu à peu tout l'oxyde. Une trace d'eau active la combinaison qui se fait très vite si cette eau est alcaline. Avec une trace d'eau pure et après 24 heures de contact l'oxychlorure est magnifiquement cristallisé.

Les oxybromures et les oxyiodures se forment aussi directement. Le bromure mercurique, beaucoup moins soluble et moins volatil que le chlorure, réagit beaucoup plus lentement que ce dernier sur l'oxyde. Il se forme certainement deux composés; l'un est brun, l'autre jaune citron. Ici encore l'influence du verre se fait sentir encore mieux, vu que l'agitation doit durer plus longtemps. Il est absolument nécessaire dans ce cas d'utiliser des vases en quartz. Si le bromure et l'oxyde, bien desséchés, sont simplement superposés, il y a encore combinaison ; on

peut s'en rendre compte par l'apparition d'une zone brune au voisinage de la ligne de séparation des deux corps; avec le temps, l'étendue de cette partie brune augmente du côté de l'oxyde.

L'union directe de l'iodure et de l'oxyde semblait plus difficile à mettre en évidence; les oxyiodures sont en effet des corps blancs qui ne se forment qu'en faible proportion. En mettant à profit la propriété que possèdent ces corps de noircir rapidement à la lumière (¹), nous avons pu montrer leur production directe. Il suffit, comme nous l'avons fait dans les cas examinés précédemment, de mettre les deux composés en contact dans un tube de quartz et d'abandonner le système dans l'obscurité pendant quelques heures; en éclairant ensuite la moitié du tube, on voit l'oxyde noircir au voisinage de la ligne de séparation des deux corps. La combinaison se fait également en présence d'eau.

En résumé, le chlorure, le bromure et l'iodure mercurique peuvent s'unir directement à l'oxyde rouge et à l'oxyde jaune de mercure, à sec ou en présence de l'eau. Dans ce dernier cas il s'établit un équilibre qui ne peut être déterminé avec exactitude qu'en opérant dans des vases inattaquables; les vases en verre doivent être rejetés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la température sur la polarisation galvanique du nickel.* Note (²) de M. **Stefan Triandafil**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

On sait que la polarisation galvanique diminue lorsqu'on augmente la température (³); d'autre part, elle croît avec le voltage ou la densité de courant polarisant et atteint finalement une valeur limite maxima. Le but de nos recherches a été l'étude de l'influence de la température sur la polarisation totale du voltamètre réversible au nickel.

Conditions expérimentales. — La méthode employée était celle d'opposition. On mesurait la polarisation totale du voltamètre après interruption du courant polarisant. Ces interruptions étaient faites au moyen d'un manipulateur tripolaire à très faible période de vibration.

Les électrodes étaient en nickel Mond recuit et laminé. L'analyse métallographique

(¹) Pélabon, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1718.

(²) Séance du 26 juin 1924.

(³) Fr. von Lerch, *Beib. d. Ann. der Phys.*, t. 26, 1902, p. 958. — Hans Jahn, *Z. ph. Ch.*, t. 18, 1895, p. 399.

n'y montrait aucune impureté. Les électrolytes employés étaient le chlorure et le sulfate de nickel normaux.

Toutes les expériences ont été faites sans agiter l'électrolyte, avec le même volume liquide (75^{cm^3}), à la pression atmosphérique et aux températures : 0°, 25°, 40°, 55°, 75°, 80°, 100°.

Résultats des expériences. — I. Nous avons étudié à chaque température et pour les électrolytes indiqués la polarisation totale du voltamètre en fonction de la densité de courant polarisant. Cela permit d'obtenir pour chaque électrolyte une série d'isothermes dont la figure 1 représente celles du chlorure de nickel normal. En abscisses figurent les logarithmes vulgaires des densités de courant polarisant et en ordonnées les polarisations totales. Ces courbes ont la même allure. Sur chacune d'elles on distingue trois régions : *a. Régime variable* (pas d'électrolyse, polarisation croissante avec le courant); *b. Régime permanent* (électrolyse, polarisation croissante avec le courant); *c. Régime permanent limite* (électrolyse, polarisation constante).

II. Pour étudier l'influence de la température seule sur la polarisation totale, il faut éliminer l'influence de la densité de courant. On y arrive en mesurant à chaque température, la *polarisation limite maxima*, qui est indépendante de la densité du courant.

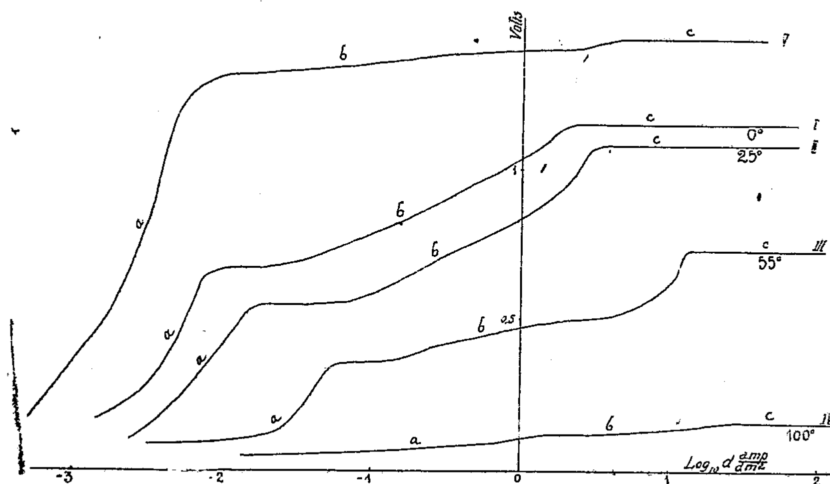


Fig. 1 — Les isothermes I, II, III, IV se rapportent au chlorure de nickel normal; la courbe V se rapporte à l'acide chlorhydrique normal à 25° avec électrodes en platine.

Dans le tableau suivant figurent les valeurs de la polarisation limite maxima, p, à différentes températures, ainsi que le coefficient de variation par degré centigrade, $\frac{dp}{dt}$.

Températures.	Chlorure de nickel, 1 N. Polarisation limite maxima p, en volts.	Coefficient de température $\frac{dp}{dt}$, en volts.	Sulfate de nickel, 1 N. Polarisation limite maxima p, en volts.	Coefficient de température $\frac{dp}{dt}$, en volts.
0°	1,157	»	2,565	»
25	1,089	—0,003	2,439	—0,005
40	0,901	—0,012	2,303	—0,009
55	0,703	—0,013	2,070	—0,015
70	0,477	—0,015	1,896	—0,011
85	0,309	—0,011	1,712	—0,012
100	0,164	—0,010	1,545	—0,011

Sur la figure 2 sont représentées les courbes de *polarisation limite maxima* en fonction de la température, relatives aux chlorure et sulfate de nickel normaux. Ces courbes sont presque exactement superposables, la différence des ordonnées étant en moyenne de 1,38 volt.

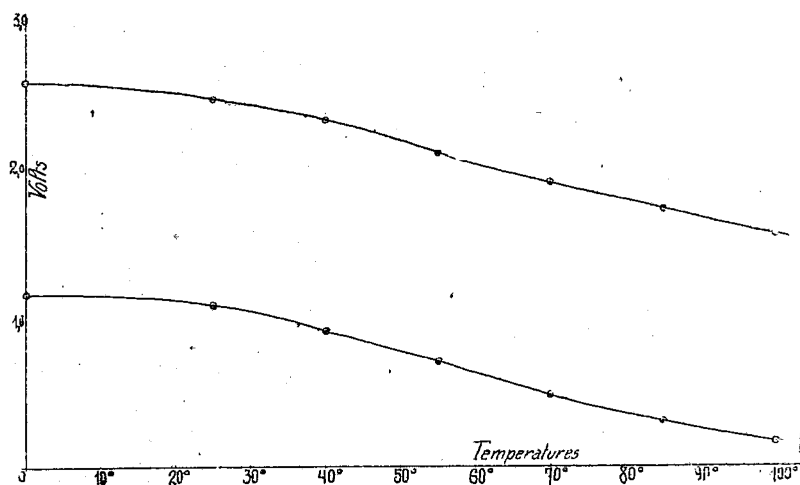


Fig. 2. — La courbe I se rapporte au sulfate, la courbe II au chlorure de nickel.

En résumé, la polarisation totale limite p diminue quand la température s'élève. Pour les deux électrolytes étudiés, le coefficient de température $\frac{dp}{dt}$ est très faible entre 0° et 25°; il croît ensuite et reste à peu près constant entre 25° et 100°. Le sulfate de nickel présente une polarisation totale limite plus grande que le chlorure; la différence est en moyenne de 1,38 volt et se conserve dans l'intervalle de 0° à 100°.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les phénomènes capillaires qui se manifestent à la surface de séparation de l'eau et de la benzine en présence des acides gras et des alcalis.* Note de M. **René Dubrisay**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

J'ai, dans une Note antérieure [1], indiqué comment se comportent au point de vue du phénomène découvert par M. Donnan [2] divers acides extraits des huiles et des graisses. Il a paru intéressant de poursuivre cette étude en examinant à ce point de vue les divers acides forméniques, depuis les homologues de l'acide butyrique jusqu'aux acides des cires. J'ai également, pour ces différents corps, déterminé quelle était sur l'intensité du phénomène l'activité des sels alcalins antérieurement signalée [3].

La méthode employée était toujours la même : une solution aqueuse de soude était contenue dans une burette et l'on mesurait le volume correspondant à l'écoulement lent de 10 gouttes de cette solution dans de la benzine additionnée d'acide gras. Toutefois la solubilité des différents acides dans la benzine et leur activité variant dans de fortes proportions avec le poids moléculaire, il a été nécessaire de procéder à plusieurs séries d'expériences. Les résultats en sont consignés dans les tableaux suivants :

Tableau I.

Acides.	Formule.	Concentration de l'acide dans la benzine pour 100.	Volume de 10 gouttes. Eau pure.	Soude N/50	Soude N/50 avec 1% NaCl.
Butyrique	$C^4H^8O^2$	1	2,00	2,00	1,94
Isobutyrique	$C^4H^8O^2$	1	1,98	1,98	1,88
Valérianique	$C^5H^{10}O^2$	1	1,96	2,00	1,88
Isovalérianique	$C^5H^{10}O^2$	1	1,98	1,96	1,86
Caproïque	$C^6H^{12}O^2$	1	»	1,96	1,86
Caprique	$C^{10}H^{20}O^2$	1	2,00	1,12	0,32
Laurique	$C^{12}H^{24}O^2$	1	2,00	0,70	(*a*)
Myristique	$C^{14}H^{28}O^2$	1	2,00	(*a*)	(*a*)
Stéarique	$C^{18}H^{36}O^2$	0,025	»	(*a*)	(*a*)
Arachidique	$C^{20}H^{40}O^2$	0,025	»	0,24	(*a*)
Néocérotique	$C^{25}H^{50}O^2$	0,025	»	0,88	0,86
Mélissique	$C^{31}H^{62}O^2$	à saturation	»	1,46	1,44

(*a*) Gouttes très petites impossibles à mesurer.

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 205.
(2) *Zeit. für phys. Chem.*, t. 31, 1899.
(3) Dubrisay et Picard, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 589.

TABLEAU II.

Acides.	Formule.	Concentration de l'acide dans la benzine pour 100.	Volume de 10 gouttes. Eau pure.	Soude N/800	Soude N/800 + 1 % NaCl.
Caprique	$C^{10}H^{20}O^2$	0,5	2,04	2,00	1,62
Laurique	$C^{12}H^{24}O^2$	0,5	2,06	1,44	0,68
Myristique	$C^{14}H^{28}O^2$	0,5	2,06	0,98	(a)
Palmitique	$C^{16}H^{32}O^2$	0,5	2,06	0,20	(a)
Stéarique	$C^{18}H^{36}O^2$	0,5	2,06	0,02	(a)
Stéarique	$C^{18}H^{36}O^2$	0,025	»	1,16	(a)
Arachidique	$C^{20}H^{40}O^2$	0,025	»	1,48	0,10
Néocérotique	$C^{25}H^{50}O^2$	0,025	»	1,78	0,96
Mélissique	$C^{31}H^{62}O^2$	à saturation	»	2,06	1,52

(a) Gouttes très petites impossibles à mesurer.

Dans son Mémoire de 1899, M. Donnan en opérant avec de la soude N/1000 avait signalé que le phénomène découvert par lui ne se produisait que pour l'acide laurique et les acides de poids moléculaire plus élevé. Les résultats précédents confirment cette conclusion, une coupure très nette se manifestant à partir de l'acide laurique. Toutefois, l'abaissement de la tension superficielle apparaît pour l'acide caprique lorsque l'on opère, soit avec de la soude concentrée (N/50), soit avec de la soude diluée en présence de chlorure de sodium. Il semble, en outre, qu'en présence de ce sel une légère perturbation se produise même avec les acides précédents.

De l'acide laurique à l'acide stéarique, l'activité augmente avec le poids moléculaire. Cette règle cesse d'être applicable à partir de l'acide arachidique; enfin l'action du chlorure de sodium est moins marquée pour les acides des cires.

J'ai cherché à reproduire le phénomène de Donnan (en présence ou en l'absence d'électrolytes) en dissolvant dans la benzine d'autres acides organiques. Je n'y ai réussi jusqu'ici qu'avec l'acide abiétique ainsi qu'il ressort des chiffres portés au tableau suivant :

TABLEAU III.

Solution d'acide abiétique à 0,5 pour 100 dans la benzine.

	Volume de 10 gouttes.
Pour l'eau pure	1,70
Pour la soude N/800	1,18
Pour la soude N/800 + 1 pour 100 de NaCl	0,02

CHIMIE PHYSIQUE. — *Loi de décroissance du pouvoir fluorescent en fonction de la concentration.* Note de M. **Francis Perrin**, présentée par M. Jean Perrin.

M. Jean Perrin a montré (¹) que le phénomène bien connu de l'optimum de fluorescence résulte d'une décroissance continuelle du pouvoir fluorescent de la substance considérée lorsque sa concentration augmente, et il a indiqué une méthode pour mesurer directement ce pouvoir fluorescent (c'est-à-dire le rapport, à l'intensité de la lumière excitatrice, de l'intensité de la lumière qu'émet par unité de masse de corps fluorescent une couche mince de la solution considérée). Cette méthode consiste essentiellement à observer et à exciter la fluorescence de la solution, placée dans une cuve profonde, normalement à une même face plane; on peut ainsi étudier même les solutions très absorbantes.

Je me suis proposé de trouver la loi précise qui relie le pouvoir fluorescent à la concentration.

1. Les considérations théoriques suivantes permettent de prévoir la forme de cette loi :

Le pouvoir fluorescent Φ tendant vers une limite finie Φ_0 quand la concentration c tend vers zéro [2], le phénomène élémentaire de la fluorescence ne fait intervenir qu'une seule molécule. Il est probablement discontinu : une molécule absorbe un quantum de lumière excitatrice, passe à un état critique peu stable dans lequel elle subsiste un temps assez court, puis revient à son état normal en émettant un quantum de lumière de fluorescence. Le voisinage de molécules de même espèce, qui n'intervient pas dans la probabilité d'absorption (loi de Beer), ne peut diminuer le pouvoir fluorescent qu'en gênant le passage à l'état critiqne après l'absorption, ou en empêchant l'émission lumineuse lors du retour à l'état normal [3].

De toute façon, si à l'instant où une molécule du corps fluorescent absorbe un quantum de lumière, il se trouve à une distance r une molécule de même espèce, la probabilité d'une réémission par fluorescence doit être multipliée en moyenne par un facteur $f(r)$ inférieur à l'unité (la distance

(¹) J. Perrin, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 469.

(²) Lépine, *Diplôme d'études*, n° 171, 1914.

(³) Voir J. Perrin, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 612.

initiale r détermine en effet les probabilités pour que les deux molécules se trouvent à des distances données l'une de l'autre aux instants ultérieurs). En admettant que les différentes molécules voisines agissent indépendamment les unes des autres, il est alors facile de calculer le facteur P par lequel il faut multiplier en moyenne la probabilité d'une réémission par fluorescence. Soit n le nombre moyen de molécules du corps fluorescent par unité de volume. La probabilité pour qu'il y ait à l'instant initial une de ces molécules dans une couche sphérique de rayon r et d'épaisseur dr est[1] $n\,4\pi r^2\,dr$, et la probabilité pour qu'il n'y en ait aucune est $(1 - n\,4\pi r^2\,dr)$; comme dans le premier cas, nous devons multiplier par $f(r)$, et dans le deuxième cas par 1, la probabilité d'une émission de fluorescence, nous devrons au total pour la couche considérée multiplier cette probabilité par

$$f(r)\,n\,4\pi r^2\,dr + 1(1 - n\,4\pi r^2\,dr) = 1 - n\,4\pi r^2\,dr[1 - f(r)].$$

En faisant le produit de toutes les expressions analogues pour les couches sphériques successives qui entourent la molécule considérée, on obtient

$$\mathrm{P} = \Pi\left[1 - n\,4\pi r^2[1 - f(r)]\,dr\right] = e^{\Sigma \log[1 - n\,4\pi r^2[1 - f(r)]\,dr]},$$

c'est-à-dire, en passant à la limite,

$$\mathrm{P} = e^{-n\int_0^\infty 4\pi r^2[1 - f(r)]\,dr}.$$

On doit donc avoir

$$\Phi = \Phi_0\, e^{-n\int_0^\infty 4\pi r^2[1 - f(r)]\,dr}, \tag{1}$$

ou, puisque la concentration c est proportionnelle à n,

$$\Phi = \Phi_0\, e^{-kc}, \tag{2}$$

k désignant une constante dépendant de la fonction inconnue $f(r)$. Donc, quel que soit le mécanisme de la protection, pourvu seulement qu'il y ait indépendance entre les actions des différentes molécules, et du moins tant que le volume du corps dissous reste petit par rapport au volume de la solution, *le pouvoir fluorescent doit décroître exponentiellement quand la concentration augmente.*

Le coefficient k a une signification physique simple; si nous considérons

---

(1) En supposant que le volume des molécules dissoutes est petit par rapport au volume de la solution.

une cuve très mince contenant la solution fluorescente, son éclat sera proportionnel au produit de la concentration par le pouvoir fluorescent, c'est-à-dire à ce^{-kc}, et sera par suite maximum pour la concentration $c_m = \frac{1}{k}$. Le coefficient k est donc égal à l'inverse de la concentration qui est optimum pour une cuve infiniment mince, et l'on peut écrire

$$\Phi = \Phi_0 e^{-\frac{c}{c_m}}. \tag{3}$$

2. Pour déterminer expérimentalement les variations du pouvoir fluorescent, j'ai utilisé la méthode dont le principe est rappelé au début de cette Note. La fluorescence était observée à travers un écran coloré opaque à la lumière excitatrice, ce qui élimine toute lumière parasite.

Les mesures ont très-bien vérifié la loi de décroissance exponentielle, depuis les grandes dilutions jusqu'à des concentrations atteignant trois à quatre fois la concentration optimum c_m (le pouvoir fluorescent est alors réduit environ au trentième de sa valeur initiale). Elles ont donné pour les concentrations optima c_m les valeurs suivantes (en molécules-grammes par centimètre cube) :

Bleu fluorescent..................	$0,52.10^{-5}$
Bleu de méthylène nouveau........	$0,84.10^{-5}$
Éosine (solution alcaline) (¹)......	$1,67.10^{-5}$
Uranine (solution alcaline) (¹).....	$1,28.10^{-5}$
Sulfate acide de quinine...........	$15 \quad .10^{-5}$
Esculine (solution alcaline) (²)....	$7,3.10^{-5}$
Phénanthrène (dans benzine)......	$300 \quad .10^{-5}$ (environ)

La portion du travail se rapportant à l'uranine, à la quinine et à l'esculine a été faite par M. Azéma (Diplôme d'études).

(¹) En solution neutre l'éosine, et surtout l'uranine, présente un écart important à la loi exponentielle, par suite sans doute d'une hydrolyse qui diminue la concentration effective en molécules fluorescentes.

(²) Les solutions d'esculine s'altérant très rapidement les mesures correspondantes sont assez incertaines.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les composés de l'acide malique et du cuivre.* Note [1] de M. E. **Darmois**, présentée par M. Cotton.

L'acide malique, bibasique, donne avec les alcalis des malates acides et neutres. Si l'on écrit l'acide MH^2, il devrait donner avec le cuivre les sels $(MH)^2Cu$ et MCu. On connaît le malate acide, dimorphe; Liebig a obtenu un malate basique M^2Cu^3; Pickering en signale un autre, $CuO(MCu)^4$ et prétend avoir obtenu le malate neutre cristallisé [2]; les traités de chimie le donnent au contraire comme incristallisable.

Dans les recherches qui l'ont conduit à la découverte du dichroïsme circulaire [3], M. Cotton a étudié le malate acide; il possède la dispersion rotatoire anormale, mais ne montre pas de dichroïsme. Mac Dowell [4], puis Olmstead [5] ont repris ces mesures sur des solutions obtenues en saturant à froid l'acide malique par l'oxyde de cuivre fraîchement précipité; ces solutions présentent l'effet Cotton dans le rouge. Au cours de recherches sur les conditions d'apparition de l'effet Cotton, j'ai été amené à m'occuper de nouveau de la même question. Une étude physico-chimique préliminaire des corps employés dans ces mesures est indispensable; des procédés très simples permettent de préciser quels sont les composés susceptibles de se former dans l'action de l'acide malique sur l'oxyde de cuivre.

La solubilité à froid dépend beaucoup du mode de préparation de l'oxyde. J'ai obtenu l'hydrate le plus soluble en précipitant le sulfate de cuivre ammoniacal par la soude étendue ($0,5n$). Lavé soigneusement, l'oxyde est aussitôt dissous dans une solution titrée d'acide; on peut ainsi arriver à dissoudre 1,4 Cu dans une molécule d'acide. On prépare de cette façon une série de solutions contenant $\frac{2}{100}MH^2 + \frac{x}{100}Cu(OH)^2$ dans 100^{cm^3} et l'on mesure sur ces solutions : 1° la concentration en ions H; 2° le pouvoir rotatoire.

I. Le P_H a été mesuré électriquement (électrode à quinhydrone). Le tableau suivant donne les valeurs moyennes (à 18°) de P_H en fonction de x :

(1) Séance du 26 mai 1924.
(2) *Transactions of Chem. Soc.*, t. 101, 1912, p. 1354.
(3) *Ann. Ch. et Ph.*, t. 8, 1896, p. 417.
(4) *Phys. Rev.*, t. 20, 1905, p. 163.
(5) *Ibid.*, t. 35, 1912, p. 31.

x	0.	0,4.	0,5.	0,8.	1,2.	1,6.	2,0.	2,4.	2,6.	2,8.
P_H	2,00	2,58	2,65	2,83	3,07	3,24	3,50	3,76	3,93	4,56

La courbe des P_H est très régulière; elle a l'allure d'une courbe de neutralisation; mais le sel MCu ($x = 2$) est fortement acide; la neutralité ($P_H = 7$) ne serait obtenue que pour $x > 2,8$.

II. Le tableau ci-dessous donne les rotations (ramenées à 1^{dm}) pour les raies du mercure 578, 546, 492 et $436^{\mu\mu}$. Les solutions sont toutes lévogyres.

x	0.	0,4.	0,5.	0,8.	1,0.	1,2.	1,6.	2,0.	2,4.	2,6.	2,8.
α_{578}	0,06	0,59	0,71	1,22	1,53	2,09	2,94	4,14	5,15	″	6,95
α_{546}	0,07	0,52	0,62	1,05	1,43	1,81	2,65	3,74	4,72	5,42	6,80
α_{492}	0,055	0,43	0,52	0,98	1,27	1,56	″	3,76	5,10	″	7,07
α_{436}	0,06	0,40	0,45	0,90	1,22	1,72	2,80	4,21	5,56	6,50	8,30

La rotation pour une couleur donnée varie considérablement; la courbe de α en fonction de x est régulière et ne présente aucune discontinuité. La dispersion, toujours anormale, subit de fortes variations. J'ai essayé de construire, pour toutes ses solutions, le graphique rectiligne dont j'ai indiqué déjà plusieurs applications ([1]). Il nécessite la connaissance du *pouvoir rotatoire* du corps dissous. On peut supposer que l'acide et l'oxyde se combinent en totalité; on divisera la rotation par la somme des poids de MH^2 et CuO dissous. Nous donnons ces quotients pour les raies verte (546) et indigo (436) :

x	0.	0,4.	0,5.	0,8.	1,0.	1,2.	1,6.	2,0.	2,4.	2,6.	2,8.
$[\alpha]_V$	2,6	17,3	20,1	31,6	41,1	49,7	66,9	87,2	102,5	113,8	138,2
$[\alpha]_I$	2,2	13,3	14,6	27,1	35,0	47,2	70,6	98,0	120,8	136,7	168,8

Sur deux ordonnées différentes, on porte alors en V $[\alpha]_V$ et en I $[\alpha]_I$; on joint VI. De $x = 0$ à $x = 1$, les droites VI se distribuent d'une façon quelconque. Au-dessus de 1 et jusqu'à 2,8, elles sont très approximativement concourantes; les solutions correspondantes ne renfermeraient que deux composés seulement.

a. Le premier de ces composés est évidemment le malate acide; on l'obtient cristallisé, en évaporant la solution $x = 1$: cristaux bleu ciel dont l'analyse correspond à la formule $(MH)^2Cu + 2H^2O$. Le cuivre y est déce-

---

([1]) Voir par exemple *Revue générale des Sciences*, t. 33, 15-30 décembre 1922, p. 670 et 710.

lable par ses réactifs ordinaires. L'eau de cristallisation part sans décomposition à 120°. Les pouvoirs rotatoires pour la concentration 2 O et pour le sel hydraté sont respectivement

$$[\alpha]_V = -40,2, \quad [\alpha]_J = -34,5.$$

Ils varient légèrement avec la concentration et concordent bien avec ceux trouvés en dissolution.

b. Si on laisse reposer les solutions $x \geqq 2$, elles déposent toutes le même corps cristallisé, vert. Son analyse indique la formule $3CuO, 2MH^2, 4H^2O$. Il est extrêmement peu soluble dans l'eau, même bouillante; mais ses solutions restent très longtemps sursaturées. C'est très probablement le deuxième composé indiqué par l'étude de la dispersion rotatoire; il correspondrait à $x = 3$. Son pouvoir rotatoire peut s'extrapoler à partir des valeurs ci-dessus : on trouve

$$[\alpha]_V = -150°; \quad [\alpha]_J = -184°.$$

En résumé, cette étude indique deux malates seulement : le sel acide et le sel basique de Liebig.

J'ai également étudié l'action de l'oxyde de cuivre en excès sur l'acide malique. Les liqueurs filtrées ont une activité qui dépend du temps de contact. Exemple : $x = 3,2$.

t..........	10 minutes.	2 heures.	18 heures.	52 heures.
α_V^{1dm}.........	−5,80	−3,54	−3,14	−3,00
α_J............	−7,00	−4,34	−3,80	−3,70

La perte d'activité doit s'expliquer en grande partie par la précipitation du malate basique formé d'abord et qu'on retrouve en grande quantité. Toutefois la dispersion n'est pas celle d'un simple mélange de sel acide et de sel basique; la composition de la solution doit être plus complexe. L'évaporation de ces solutions donne un verre incristallisable qui peut se redissoudre dans l'eau. C'est précisément ainsi qu'opéraient Mac Dowell et Olmstead. D'après les indications peu précises du dernier, $[\alpha]$ pour son produit vitreux est de l'ordre de −60°. Quelle que soit sa composition, il n'y a aucune comparaison à faire entre ce mélange et le malate acide bien défini étudié par M. Cotton.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la transformation des carbures acétyléniques substitués en carbures vrais par l'amidure de sodium.* Note de M. **Bourguel**, présentée par M. Haller.

Nous avons indiqué précédemment que si l'on traite par l'amidure de sodium les dérivés halogénés des carbures saturés et éthyléniques dans le but d'obtenir des carbures acétyléniques, on n'obtient jamais que le carbure vrai parfaitement exempt de son isomère substitué.

Il était naturel de rechercher si l'amidure de sodium ne provoquerait pas la migration que Favorsky a constatée avec le sodium. Cette recherche était en cours quand MM. Meunier et Desparmets ouvrant un pli cacheté annonçaient que dès 1910 ils avaient réussi à transformer par l'amidure un mélange de nonines en nonine vrai.

Voici les résultats auxquels nous sommes arrivés : résultats qui confirment et complètent l'observation de ces auteurs :

1° Les carbures β acétyléniques $RC \equiv C - CH^3$ sont facilement transformés dès la température de 110° en carbures vrais. La transformation est intégrale, très rapide et se fait avec un dégagement d'une molécule d'ammoniaque par molécule de carbure : il se fait le dérivé sodé. Le procédé a sur le sodium l'avantage : 1° de ne pas hydrogéner une portion de l'acétylénique; 2° d'être plus rapide si l'on pulvérise finement l'amidure.

2° Les carbures γ acétyléniques $RC \equiv C - C^2H^5$ sont aussi transformés en carbures vrais, mais la transformation est extrêmement lente si on la compare à la transformation précédente. Elle a lieu aussi avec dégagement d'ammoniac.

3° Il résulte de ces observations une plus grande latitude dans le choix des matières premières aptes à la préparation d'acétyléniques vrais. Alors que par la potasse on est obligé de se borner aux dérivés α et β halogénés, que déjà avec les dérivés β la proportion de carbure vrai est très faible, nous avons justement vérifié que l'amidure de sodium permettait d'employer des dérivés α, β, γ et même δ halogénés.

Avec les cétones il n'est plus nécessaire de se borner (et avec quels mauvais rendements) aux cétones méthylées; on peut traiter les chlorures des cétones $RCOC^2H^5$, et $RCOC^3H^7$, par l'amidure pour obtenir directement le carbure vrai.

On peut partir de carbures éthyléniques α, β ou γ (par exemple le mélange de ces trois sortes obtenu en déshydratant par le chlorure de zinc un alcool $R - CHOH - CH^3$), fixer du brome puis traiter par l'amidure le dibromure obtenu. Nous avons vérifié en effet que dans ce cas on obtenait l'acétylénique vrai.

Il a été étudié en particulier les exemples suivants :

L'octine β $C^5H^{11} - C \equiv C - CH^3$ (Éb. 136°-137°) ne précipitant rigoureusement pas le chlorure cuivreux est transformé intégralement à 130° et en une demi-heure en octine vrai bouillant à 126°-127°. Le rendement est à peu près quantitatif.

Il est facile de s'assurer que la transformation est intégrale car l'octine vrai est à l'état de combinaison solide; si l'on distille directement le liquide où fut effectuée la réaction on ne trouve plus d'octine β.

De même le phénylpropine β $C^6H^5 - C \equiv C - CH^3$ (Éb. 70° sous 11^{mm}) est transformé à 110° en phénylpropine vrai $C^6H^5 - CH^2 - C \equiv CH$ (Éb. 63° sous 11^{mm}) avec la même facilité.

L'heptine γ $C^3H^7C \equiv C - C^2H^5$ (Éb. 106°) (préparé ainsi que nous le dirons plus loin) chauffé 4 heures à 170° n'est transformé qu'à moitié, environ, en heptine α (Éb. 100°). La transformation est donc beaucoup plus lente.

De même l'octine γ $C^4H^9 = C \equiv C - C^2H^5$ (Éb. 134°-135°) est au bout de 4 heures transformé aussi pour une moitié, environ, en octine vrai (Éb. 126°).

Les dérivés $C^2H^5CCl = CH - CH^3$ et $C^2H^5 - CCl^2 - C^2H^5$ de la propione ont été traités par l'amidure de sodium vers 130°. On a ainsi le pentine vrai aussi facilement que si l'on était parti de la méthyl-*n*-propylcétone.

Toujours par le procédé indiqué plus haut on peut constater l'absence de pentine β à la fin de la réaction, toutefois l'ammoniac qui se dégage emporte avec lui un peu de pentine β que l'on recueille. La réaction s'est donc effectuée en deux temps.

Les dérivés $C^3H^7 - CCl = CH - C^2H^5$ et $C^3H^7CCl^2 - C^3H^7$ de la butyrone ont été traités dans le xylène à 130° pendant 5 heures. Au bout de ce temps on distille directement et l'on recueille environ 40 pour 100 d'heptine γ. Le dérivé solide ensuite détruit donne 20 pour 100 d'heptine α. Il y a donc eu isomérisation mais considérablement plus lente que dans le cas précédent. L'heptine γ repris par l'amidure se transforme à la longue. Remarquons en passant qu'une seule opération donne à la fois les heptines α et γ séparés et purs.

L'alcool octylique secondaire $C^6H^{13} - CHOH - CH^3$ déshydraté par le chlorure de zinc anhydre donne un octylène qui est un mélange des octylènes α, β, γ, ainsi que nous l'établissons plus loin. On a fixé 2 atomes de brome, puis on a traité le dibromure obtenu par l'amidure en suspension dans le pseudo-cumène (Eb. 170° environ).

En distillant avant de détruire le dérivé solide on recueille la fraction d'octine γ non transformée, puis, après traitement par l'eau, 3 à 4 fois plus d'octine α. On a comme tout à l'heure un procédé de préparation des octines α (45 pour 100) et γ (12 pour 100) séparés et purs.

L'octine γ est à la longue isomérisé ainsi qu'il a été dit plus haut.

La présence d'octine γ prouve que l'octylène dont on est parti contenait de l'octylène γ. Ce qui vérifie ce fait connu que $ZnCl^2$ provoque des migrations de la double liaison. Il y avait aussi de l'octylène α, car le dibromure traité par la potasse donne un peu d'octine α.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'hydroxylamine sur le tartrate d'éthyle.* Note de M. **A.-J.-A. Guillaumin**, présentée par M. Charles Moureu.

On sait que l'action de l'hydroxylamine sur les éthers-sels donne naissance aux acides hydroxamiques. Les travaux concernant ces derniers corps sont assez nombreux, mais présentent encore beaucoup de lacunes et d'incertitudes; les cas d'isomérie inexpliquée n'y sont pas rares.

On ne connaissait, en particulier, jusqu'à présent aucun acide hydroxamique-alcool, si l'on excepte l'acide glycolhydroxamique que Velardi [1] a eu incidemment entre les mains. Il m'a paru intéressant de chercher à préparer ces corps, tant pour leur étude même que pour les renseignements que ceux d'entre eux qui, préparés à partir d'un acide naturel actif, présenteraient le pouvoir rotatoire pourraient fournir sur l'isomérie dans ce groupe.

La seule donnée bibliographique existant sur ce sujet était peu encourageante : Tingle dit [2] que l'éther tartrique, le premier auquel on pouvait songer, ne réagit pas sur l'hydroxylamine. J'ai néanmoins tenté et réussi la combinaison de ces deux corps.

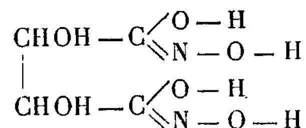
Une demi-molécule (103g) d'éther tartrique est additionnée, en solution alcoolique, de deux molécules d'hydroxylamine. On abandonne le mélange à la température ordinaire. Au bout de quelques jours commencent à se déposer des gouttelettes huileuses qui se concrètent bientôt en petits cristaux

(1) *Gazzetta Chimica Italiana*, t. 34, 1904, II, p. 73.
(2) *American Chemical Journal*, t. 24, 1900, p. 54.

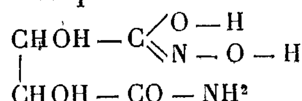
groupés autour d'un centre. En même temps, on observe un lent dégagement gazeux.

Au bout de 10 jours, le précipité cristallin ainsi obtenu n'augmente plus de poids. On l'essore, le lave à l'alcool et le sèche. Le rendement est de 35^g.

Comme ce faible poids ainsi que le dégagement gazeux observé pouvaient le faire prévoir, le corps ainsi obtenu n'est pas l'acide tartrhydroxamique



mais l'acide tartramhydroxamique



ainsi que le montre l'analyse élémentaire.

Il semble logique d'admettre qu'il se fait bien tout d'abord l'acide tartrhydroxamique, puis que celui-ci est réduit par l'hydroxylamine restée libre (¹). Cette réduction serait à rapprocher de celle observée par Posner (²) pour les acides β oxyaminés.

L'acide tartramhydroxamique fond vers 170-172° en se décomposant. Il est insoluble dans l'alcool, l'éther, l'acétone, l'acide acétique, le benzène, le chloroforme, le sulfure de carbone. Il est très soluble dans l'eau, chaude ou froide, mais à froid la dissolution n'a lieu que très lentement.

Ce corps possède un pouvoir rotatoire droit élevé. Une solution aqueuse préparée à chaud, puis refroidie, donne :

$$[\alpha]_D = 96^\circ 30' \qquad (t : 18^\circ - c = 0,0306).$$

Le pouvoir rotatoire d'une solution préparée à froid est tout d'abord plus élevé, puis tend vers la limite ci-dessus. Malheureusement, la lenteur de la dissolution rend difficile l'étude de cette mutarotation dans la région du début, la plus intéressante.

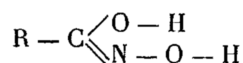
L'acide tartramhydroxamique ne donne pas de précipité avec l'acétate de cuivre. C'est là une différence avec les autres acides hydroxamiques qu'il faut vraisemblablement imputer à la présence des fonctions alcool. En revanche, il donne avec le perchlorure de fer la coloration rouge cerise

(¹) Il est clair qu'il résulte de là la possibilité d'augmenter le rendement.

(²) *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, t. 38, 1905, p. 2320.

intense classique. Cette coloration est relativement faible avec une solution préparée à froid à l'instant même; elle augmente avec le temps, et a immédiatement son intensité définitive avec une solution préparée à chaud, puis refroidie.

Ces particularités, jointes à la mutarotation, donnent à penser que le corps primitivement cristallisé au sein de l'alcool n'a pas la forme acide hydroxamique telle qu'on l'écrit d'habitude :



mais peut être la forme oxyamide



et qu'il se transforme, totalement ou partiellement, en acide hydroxamique par dissolution dans l'eau.

L'acide tartramhydroxamique se comporte comme un acide faible. On peut le titrer alcalimétriquement en présence de phtaléine à la condition d'ajouter de la glycérine à la liqueur.

Il donne un composé d'addition insoluble avec le chlorure mercurique.

C'est naturellement un réducteur énergique. Il réduit non seulement la liqueur de Fehling, le permanganate, le nitrate d'argent ammoniacal, mais aussi le nitrate d'argent en solution acide.

L'acétylation et la benzoylation de l'acide tartramhydroxamique conduisent, comme on pouvait s'y attendre, à un assez grand nombre de corps. Je me bornerai aujourd'hui à citer le dérivé tétraacétylé, corps bien cristallisé, soluble dans l'eau et dans l'alcool, fondant à 105°, et le dérivé tribenzoylé, insoluble dans l'eau, presque insoluble dans l'alcool, recristallisant bien de l'acide acétique bouillant et fondant à 203°.

Je poursuis actuellement l'étude de ces composés et de ceux des autres acides-alcools dont j'ai reconnu que les éthers se combinaient à l'hydroxylamine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Décomposition des extraits chlorophylliens.* Note (¹) de M. **Alphonse Mailhe**, présentée par M. Paul Sabatier.

La chlorophylle est un corps complexe à richesse carbonée élevée. Lorsqu'on l'extrait des plantes par épuisement à l'alcool ou à l'aide de certains

(¹) Séance du 2 juin 1924.

solvants volatils, on dissout en même temps des cires, des graisses et résines. L'ensemble de ces produits, restant après évaporation des solvants, constitue l'extrait chlorophyllien.

Après séparation des matières extractives, les résidus des plantes sont susceptibles d'être utilisés selon leur origine, soit pour la nourriture des animaux, soit dans certaines industries, telle que la fabrication du papier par exemple.

Le caractère même de la composition des extraits chlorophylliens m'a fait penser qu'il serait possible de les décomposer au contact de certains catalyseurs, de manière à produire des carbures d'hydrogène.

Les graisses et les cires qui sont constituées par des éthers-sels sont facilement décomposées en hydrocarbures forméniques et éthyléniques en présence de catalyseurs (chlorures et oxydes métalliques). Les résines subissent également le cracking à haute température.

D'autre part, les travaux de Wilstätter ont montré que la chlorophylle fournit après un traitement aux acides dilués qui séparent le magnésium, des substances possédant les caractères des éthers-sels. Il était donc facile de prévoir que ces éthers-sels se comporteraient comme les glycérides, vis-à-vis des chlorures et oxydes déshydratants.

J'ai eu à ma disposition un échantillon d'extrait chlorophyllien. C'est une pâte solide verte, assez consistante, produisant au toucher la sensation d'un corps gras.

Je l'ai soumis à l'action catalysante du chlorure de zinc et du chlorure de magnésium sec, à des températures progressivement croissantes, allant de 300° à 400°. Les résultats obtenus avec les deux catalyseurs sont à peu près semblables. Cependant le chlorure de zinc a produit une plus grande quantité de produits polymérisés.

200^g d'extrait chlorophyllien sont introduits dans une marmite en cuivre avec 30^g de chlorure de magnésium sec. On chauffe lentement le mélange au début, vers 300°. Il distille un liquide limpide, légèrement acide si l'opération est bien conduite. Si le chauffage est trop brusque, il distille des acides gras qui sont remis dans la marmite pour terminer leur décomposition.

En augmentant peu à peu la température du mélange, on obtient une quantité importante de liquide (150^g), et il reste en définitive un résidu de coke léger, facile à extraire. Il est mélangé au chlorure de magnésium qui a été partiellement changé en oxychlorure sous l'action de l'eau produite pendant la réaction. Il y a eu départ d'acide chlorhydrique.

Durant toute l'opération, il se dégage un gaz riche en anhydride carbonique :

	Pour 100.
CO^2	57
CO	14
C^nH^{2n}	9
H^2	20,5

Le liquide recueilli a été neutralisé avec de la soude diluée, lavé à l'eau et rectifié.

Les densités des fractions séparées sont les suivantes :

< 150°	D_{18} = 0,7331
150-200°	0,7632
200-230	0,7803
230-260	0,8013
260-290	0,8217
290-350	0,8490

Au-dessus de 350°, il reste une portion solide ayant la consistance de la vaseline.

Les différentes fractions sont constituées par des mélanges d'hydrocarbures forméniques et éthyléniques. On peut séparer ces hydrocarbures par l'acide sulfurique.

La fraction bouillant au-dessous de 150° est rigoureusement incolore; elle possède une odeur forte rappelant celle des essences issues des corps gras. Les portions suivantes, à odeur forte également, ne sont pas sensiblement colorées, sauf la dernière.

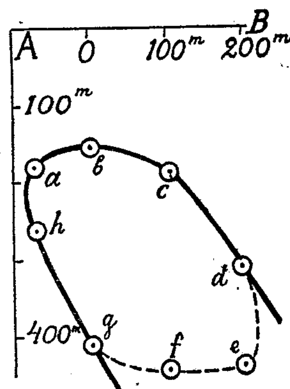
Dans celles qui distillent à 260-290° et 290-350°, il s'est séparé des aiguilles soyeuses blanches que l'on sépare par filtration à la trompe. Elles fondent à 56-57° et donnent la réaction de Kutscheroff. Elles sont constituées vraisemblablement par la dinonylcétone, $(C^9H^{19})^2CO$.

On voit que les extraits chlorophylliens, soumis à l'action de certains catalyseurs déshydratants, subissent une décomposition analogue aux huiles végétales et donnent des carbures d'hydrogène de même nature que ceux des pétroles naturels, avec une proportion importante de carbures éthyléniques.

GÉOLOGIE. — *Sur la masse de fer métallique contenue dans les gisements ferrugineux de Koursk (Russie centrale).* Note [1] de M. P. **Lasareff**, présentée par M. Louis Gentil.

J'ai donné dans mes Notes précédentes [2] un aperçu des travaux qui ont permis de révéler, dans le gouvernement de Koursk (Russie), l'existence, à une certaine profondeur en sous-sol, d'importants gisements de minerai de fer magnétique. Je me propose dans la présente Note de soumettre à l'Académie les calculs qui permettent de donner une idée de l'énorme quantité de fer métallique enfouie dans ces gisements.

La figure ci-dessous donne une section verticale de ces gisements ferrugineux par un plan perpendiculaire à la ligne axiale de l'anomalie magnétique : elle est déterminée d'après les résultats des sondages profonds qui m'ont été communiqués par M. J. Goubkin et M. A. Himmelfarb.



La courbe continue *ghabcd* indique la forme extérieure du gîte, laquelle est indéterminée à la base, les points *e* et *f* atteints par la sonde se trouvant encore à l'intérieur du gisement.

Pour calculer la quantité de fer pur du gisement, nous envisagerons ce dernier comme ayant la forme d'un cylindre de section S et de longueur L. La masse est donc égale à DSL; D étant la densité du minerai du gisement. Si la teneur en fer métal-

(1) Séance du 2 juin 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1232; t. 178, 1924, p. 510 et 1301.

lique est p pour 100 nous obtenons pour la masse de fer pur m

$$m = \frac{p\,\mathrm{DSL}}{100}.$$

Mais la quantité de fer varie d'un point du gisement à l'autre. Nous admettrons à ce sujet que la concentration du métal dans chaque section normale à la ligne axiale est proportionnelle à la valeur de la composante verticale anomale Z_a, sur la ligne axiale, au point correspondant. Par conséquent, pour obtenir la quantité de fer pur en partant de cette hypothèse nous devons multiplier m par $q = \frac{\Sigma Z_a}{n Z_0}$, où sommation Σ s'étend sur les Z_a situés sur la ligne axiale, n étant le nombre des Z_a mesurés et Z_0 la valeur de Z_a au point de forage. Nous trouvons ainsi que $q = 0,25$. La quantité de fer pur est donc

$$M = \frac{q\,p\,\mathrm{DSL}}{100} = 25\,p\,\mathrm{DSL}.\,10^{-4}.$$

En prenant pour la section S la surface *abcdefgh* (voir la figure) nous avons $S = 6,4.10^8\ \mathrm{cm}^2$ environ.

Si $L = 200^{\mathrm{km}}$, $D = 4$ et $p = 40$ nous obtenons

(I) $$M = 5,12.10^9 \text{ tonnes},$$

soit 5,12 milliards de tonnes.

En prenant $L = 250^{\mathrm{km}}$, $D = 4,6$ et $p = 45$ pour 100, nous avons

(II) $$M = 8,28.10^9 \text{ tonnes},$$

soit 8,28 milliards de tonnes.

Les calculs effectués pour les grands gisements de Kiiruna (Suède) par Carlheim-Gyllinsköld et par Lundbohm (¹) montrent que, pour ces gisements, M est compris entre $0,758.10^9$ et $1,372.10^9$ tonnes, soit 0,758 à 1,372 milliards de tonnes.

Mais nous avons basé nos calculs sur des minima, tandis que les quantités de fer qui existent en réalité dans le gisement de Koursk doivent être beaucoup plus grandes.

Cela résulte des faits suivants : les résultats des travaux magnétiques montrent que la distance des deux pôles du gisement doit être très grande et, par conséquent, la longueur de la section S (voir la figure) plus grande que *af* ou *ae*.

(¹) Voir E. LEYST, *L'anomalie magnétique de Koursk. Matériaux sur l'étude de l'anomalie magnétique de Koursk*, publiés par M. P. Lasareff, p. 72, Moscou, 1921 (en russe).

D'autre part on sait, d'après les forages profonds, que le gisement de Koursk n'est pas formé exclusivement de magnétite. Les forages effectués vers le Nord de la ligne des forages déjà décrits montrent, en effet, qu'associée à la magnétite on trouve de l'hématite. Enfin, les recherches de gravité exécutées au cours de l'été 1923 au voisinage des valeurs minima de Z_a (dans le district de Tim) ont démontré que l'anomalie de gravité conserve sa valeur, tandis que Z_a diminue sensiblement.

On peut expliquer ce fait en admettant, comme cela a été fait par MM. N. Kournakow, V. Stekloff, A. Archangelskii et moi ([1]), que la masse primitive de magnétite a été, au cours des époques géologiques, transformée partiellement en hématite. On peut admettre, d'après l'ensemble des mesures gravimétriques, que la quantité de fer reste la même dans toutes les sections du gisement. Seule varie la proportion de magnétite et d'hématite réparties sur toute son étendue. Ainsi s'expliquent les variations de l'anomalie magnétique, tandis que l'anomalie gravimétrique reste constante.

On doit donc admettre que le coefficient $q = 1$, ce qui donne pour la masse M

$$M = 20,48.10^9 \text{ tonnes} \qquad \text{(voir I)}$$

ou

$$M = 33,12.10^9 \text{ tonnes} \qquad \text{(voir II)},$$

soit 20,48 ou 33,12 milliards de tonnes de fer métallique.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Observations sur la propagation des ondes explosives lors des expériences de La Courtine.* Note de M. **Albert Nodon**, transmise par M. Daniel Berthelot.

La Société Astronomique de Bordeaux fit les observations suivantes, dans son Observatoire du Bouscat, lors des dernières explosions de La Courtine : un chronomètre de la Marine, réglé sur la Tour Eiffel, servit à régler les chronographes des divers observateurs. Plusieurs d'entre eux, placés sur un terrain éloigné de tous bruits, y notèrent les auditions directes.

De grandes membranes, tendues sur des cadres encastrés dans les embrasures des fenêtres orientées dans la direction de La Courtine, permirent de signaler, à divers observateurs, l'arrivée des ondes de compression, par le rebondissement de pendules en moelle de sureau sur ces membranes.

([1]) Voir P. Lasareff, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Russie*, 1923, p. 33.

La détermination de l'angle d'incidence d'arrivée des ondes fut faite à l'aide d'une série d'orthophones, genre Maurice Claude, placés sous des incidences, variant de 20° en 20°, depuis 0° jusqu'à 90°.

Des phonotographes enregistreurs furent orientés du côté de La Courtine, sous des angles de 0° et de 55°. La propagation des ondes terrestres fut étudiée à l'aide de deux sismographes à pendules horizontaux, genre Milne, disposés respectivement dans des directions Nord et Ouest; ces sismographes furent fixés contre un pilier massif, supportant l'équatorial et la méridienne de l'observatoire.

D'autres instruments intéressants, mais incomplètement réglés, ne purent donner de résultats appréciables. L'un de ces instruments était composé d'une plaque vibrante en aluminium, en contact avec un microphone relié à un amplificateur à quatre lampes; l'enregistrement simultané de l'onde de choc et d'une pendule battant la seconde, devait se faire sur le disque de cire d'un phonographe enregistreur.

D'autre part, on avait placé sur la terrasse de l'observatoire, des bonbonnes en verre défoncées, orientées sous des angles de site différents, dans la direction de La Courtine, et pourvues de modes de réception et d'enregistrement. On avait également fixé sur le pilier de l'observatoire, des microphones en contact avec des lames vibrantes, décelant les ondes terrestres. Un stéthoscope, grand modèle, plongé dans un puits de 7^{m} de profondeur, et un autre instrument formé d'un microphone en contact avec un bain de mercure étaient destinés à enregistrer les ondes terrestres.

Les mesures météorologiques furent faites à l'observatoire, avec un matériel composé d'un anémomètre, d'une girouette à cadran, de baromètres, thermomètres, hygromètres, néphoscope, magnétomètre, etc. D'autres mesures furent faites en ballon et en avion, à l'aide d'enregistreurs par les soins de l'Aéro-Club du Sud Ouest.

Les principaux résultats constatés ont permis d'enregistrer des ondes aériennes *directes*, le 26 mai, et d'autres ondes retardées. Dans le trajet de 243^{km} qui sépare La Courtine du Bouscat, on trouva un accroissement dans le parcours très variable. Le 23 et le 26 mai, l'allongement du trajet fut de 41^{km}. D'autres observations faites le 23 et le 25 mai accusèrent un trajet supplémentaire de 150^{km}. On enregistra des séries d'ondes successives, d'intensités différentes, paraissant répondre à des réflexions successives. L'angle de réflexion à l'arrivée fut de 55° environ, le 23 et le 26 mai.

L'enregistrement des *ondes terrestres* donna des vitesses de propagation comprises entre $1^{km},033$ et $3^{km},400$ à la seconde.

Les observations *météorologiques* indiquèrent des conditions assez normales de l'atmosphère. Toutefois, le 15 mai, le magnétomètre enregistra des séismes lointains, qui purent influencer les sismographes. Toutes les observations furent suivies sous la direction de M. Sanceret, directeur de l'Observatoire de la Société astronomique de Bordeaux, par une moyenne d'une vingtaine d'opérateurs.

MM. R. Nodon et Trassaert firent sous notre demande, à Vals, près Le Puy (Haute-Loire) (lat. $45°2'24''$; long. $1°32'30''$; alt. 612^{m}), les observations suivantes : le 23 mai, audition atmosphérique directe nulle, audition par le sol à $20^{h}4^{m}30^{s}$ (heure de la Tour). Un microphone sur pilier, avec amplificateur à 3 lampes B.T., accusa une explosion très nette au même moment. On perçut un roulement de très courte durée.

Le 26 mai, audition par l'air, à $9^{h}6^{m}12^{s}$, faible audition sous forme de roulement d'une seconde et demie. Le 15 mai, aucune audition appréciable n'avait pu être faite par les mêmes observateurs à Mons, près Le Puy.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Remarques sur le déterminisme du sexe chez* Mercurialis annua *L.* Note [1] de M. **P. Gillot**, présentée par M. Guignard.

La question de la détermination du sexe chez la Mercuriale annuelle a préoccupé de nombreux auteurs. Combes, Heyer, Hoffmann, Laurent, Molliard se sont efforcés, notamment, d'étudier l'influence exercée sur cette détermination par différents facteurs : lumière, température, nature du sol, alimentation, etc. Mais les expériences réalisées jusqu'à ce jour restent sujettes à controverse et ne suffisent pas à démontrer l'action de ces divers agents sur la formation des sexes.

En effet, aucun des auteurs n'a tenu compte d'un fait qui m'a frappé au cours de mes recherches sur *Mercurialis annua* : la germination capricieuse de ses graines [2].

Irrégularité de la faculté germinative. — La faculté germinative des graines de la Mercuriale annuelle est inconstante, ainsi que le montre le

(1) Séance du 2 juin 1924.

(2) Au cours de ses recherches sur la germination des semences de mauvaises herbes, E. Schribaux a montré que les graines de Mercuriale annuelle germaient irrégulièrement et persistaient très longtemps dans le sol. (*Cours d'agriculture générale. Institut national agronomique*, p. 3.)

Tableau I, établi à l'aide de graines conservées à l'abri de la lumière et de l'humidité.

Tableau I. — *Germination pour* 100 *des graines de* Mercurialis annua.

Époque de la récolte des graines.	A la récolte.	Époque des semis après la récolte. 1 an.	2 ans.	3 ans.	4 ans.	5 ans.	6 ans.	7 ans.	8 ans.	9 ans.	10 ans.
Juillet 1913....	5	38	période de guerre				20	15	17	10	10
» 1914....	7	période de guerre				16	10	13	10	6	»
Août 1919....	14	60	55	60	52	»	»	»	»	»	»
» 1920....	25	25	28	24	»	»	»	»	»	»	»
» 1921....	7	36	40	»	»	»	»	»	»	»	»
» 1922....	14	45	»	»	»	»	»	»	»	»	»
» 1923....	3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Échelonnement des levées. — On voit d'après ces résultats que le taux de germination est parfois insignifiant et souvent inférieur à 40 pour 100. Ce n'est qu'exceptionnellement qu'il atteint 60 pour 100. Il s'ensuit qu'une partie seulement des graines semées germe immédiatement. Le reste, qui constitue une proportion très notable, germe capricieusement et exige des années pour entrer en végétation, ainsi que le montre le Tableau II.

En vue de remédier aux inconvénients d'une germination aussi irrégulière, j'ai eu recours à différents procédés; et en particulier à la stratification qui m'a donné d'excellents résultats : des graines ayant passé l'hiver dans la terre fraîche germent, simultanément, avec un taux de 86 à 94 pour 100.

Répartition des sexes au cours de la succession des levées. — Afin de me rendre compte de l'influence que peut avoir la succession des levées sur la répartition apparente des sexes, j'ai cherché à suivre la descendance de tout un semis. A cet effet, les pieds furent arrachés dès l'apparition des caractères sexuels et, après chaque récolte, la surface ensemencée fut soigneusement scarifiée et arrosée.

Le Tableau II mentionne les résultats obtenus après un semis de 4000 graines effectué, le 20 mars 1920, dans une caisse remplie de terre stérilisée; il montre la lenteur avec laquelle des graines, normalement semées, peuvent germer.

TABLEAU II. — *Répartition des sexes au cours des levées successives.*

Échelonnement des récoltes.	Nombre d'individus.	Pieds mâles.	Pieds femelles.	Pourcentage.	
1. 20 juin 1920......	780	440	340	129 ♂	pour 100 ♀
2. 20 juillet 1920.....	500	260	240	108	»
3. 1er septembre 1920.	272	136	136	100	»
4. 30 octobre 1920...	160	73	87	84	»
5. 1921..............	310	146	164	89	»
6. 1922............	862	442	420	105	»
7. 1923............	168	80	88	91	»
	3052	1577	1475	107	»

L'examen de ce tableau permet de reconnaître :

1° Que la prédominance de l'un ou l'autre sexe varie avec les récoltes et qu'on ne saurait se baser sur l'observation d'une seule levée pour en déduire la proportion des sexes de tout un semis;

2° Que la répartition générale elle-même ne correspond pas exactement à la proportion réelle des sexes, puisque 76 pour 100 seulement des graines semées étaient germées au bout de la quatrième année.

En accordant une valeur absolue aux divers pourcentages enregistrés ci-dessus, on s'expose donc à attribuer à des influences étrangères ce qui peut n'être dû qu'aux caprices de la levée.

Des ensemencements réalisés dans des conditions extérieures identiques, mais ne portant que sur quelques centaines de graines exposent à des discordances plus accentuées, ainsi que j'ai eu l'occasion de le constater à différentes reprises.

Mes résultats sont à rapprocher de ceux qu'obtint Heyer (1) au cours de ses recherches sur la réparittion des sexes chez la Mercuriale annuelle. En effet, cet auteur a constaté des variations de même ordre dans la proportion des pieds mâles et pieds femelles, soit à la suite d'ensemencements effectués avec un petit nombre de graines, soit en arrachant, à des endroits convenablement choisis, 100 pieds situés l'un à côté de l'autre.

Heyer fait observer que la porportion entre mâles et femelles ne devient régulière qu'à partir des dizaines de mille et constante qu'avec le vingtième mille. C'est seulement la numération de 21 000 échantillons qui lui a

(1) F. HEYER, *Untersuchung über das Verhältnis des Geschlechtes bei einhäusigen und zweihäusigen Pflanzen* (*Ber. aus dem physiol. Laborat. d. Univ. Halle*, *Heft* 5, 1884, p. 15-42).

permis de conclure que la distribution des sexes était sensiblement la même chez la Mercuriale que chez l'homme : 106 mâles pour 100 femelles.

Il semble que cette proportion représente effectivement la distribution naturelle des sexes chez la Mercuriale annuelle; mais, ici encore, il n'est nullement prouvé que la même répartition existe dans la graine.

De tout ce qui précède, il résulte que *Mercurialis annua* se prête mal aux recherches sur le déterminisme sexuel et que toutes les expériences tentées jusqu'alors pour prouver que le sexe est ou n'est pas déterminé dans la graine ne présentent pas toutes les garanties d'exactitude désirables.

Le souci d'éviter l'influence des germinations successives doit donc dominer les travaux éventuels et inciter à contrôler, en utilisant des graines stratifiées, tous les résultats basés sur l'observation de levées incomplètes.

BOTANIQUE. — *Les différents stades de la condensation amylogène.* Note de M. A. **Maige**, présentée par M. Marin Molliard.

Si l'on étudie ($t = 20°$) la germination d'embryons secs (sans cotylédons) de Haricot (var. flageolet blanc) d'énergie germinative plus ou moins affaiblie par le temps, on constate que la réaction amylogène se traduit, quand elle a lieu, par l'apparition dans les cellules de l'écorce et de la moelle des deux types de grains composés que j'ai signalés antérieurement; le traitement à l'iodure de potassium iodé donne une coloration brune ou bleue de teinte sensiblement uniforme dans toute l'étendue de chaque loge.

Mais, si au lieu de faire développer les embryons secs sur du buvard imbibé d'eau, on les fait germer sur une solution de glucose à 5 pour 100, la réaction plastidale et la marche de la condensation se font dans un certain nombre d'entre eux d'une manière très différente. Les nouveaux plastes pluriloculaires (issus de plastes non amylifères), et les anciens plastes amylifères qui ont réagi possèdent des loges beaucoup plus nombreuses et un volume bien plus considérable; en outre, beaucoup sont, après traitement iodé, soit presque incolores, soit jaunes, soit teintés de rouge ou de violet plus ou moins foncé. Certains embryons peuvent présenter des plastes uniloculaires nombreux, issus des plastes amylifères ou non, et où la substance amylacée de nouvelle formation se colore comme il vient d'être dit. À l'un quelconque des stades précédents peuvent apparaître des points beaucoup plus foncés de condensation plus complète, soit disséminés çà et là, soit formant une tache unique au centre. Dans une même cellule, à côté des plastes

à condensation lente, on peut en observer à condensation rapide, où l'amidon apparaît dès le début avec sa coloration bleue presque définitive. La plupart des plastes à évolution lente complètent peu à peu leur condensation, mais d'autres, plus ou moins nombreux, suivant les embryons, peuvent rester au stade rouge pendant toute la durée de la réaction amylogène.

Le phénomène de condensation lente est bien moins accusé à 15° qu'à 20° et à 20° qu'à 30°; cette variation est en rapport avec celle de la pénétration du sucre car il n'est pas rare d'observer à 20° des embryons où la condensation lente, avec son cortège de plastes, jaunes, rouges, violets, etc., est limitée à la face inférieure immergée dans la solution, tandis que les cellules de la face supérieure, moins riches en sucre, présentent une réaction amylogène quantitativement bien moins accusée mais à condensation normale.

En opérant à la température de 30° j'ai obtenu, avec les embryons secs de *Lupinus albus*, cultivés sur une solution de glucose à 5 pour 100, les mêmes phénomènes, c'est-à-dire la présence dans les cellules de l'écorce et de la moelle de grains volumineux d'un rouge plus ou moins vif avec ou sans points noirs de condensation plus complète.

J'ai retrouvé également les diverses sortes de plastes à condensation lente pendant la germination de graines entières du lot auquel appartenaient les embryons de Haricots précités; je les ai observés également chez le *Phaseolus multiflorus*. Ils semblent, dans les deux cas, se rencontrer de préférence dans les plantules présentant une réaction amylogène rapide et intense témoignant d'un afflux de sucre abondant venant des cotylédons; ils possèdent parfois des dimensions relativement considérables, beaucoup plus volumineuses que les plastes à condensation normale, et leur masse se déforme facilement par le traitement iodo-ioduré, ce qui indique sa nature visqueuse; certains de ces plastes peuvent demeurer au stade rouge pendant toute la durée de la réaction amylogène.

Si l'on considère que les diverses teintes, jaune, rouge, violet plus ou moins foncé que prennent dans leur évolution les plastes à condensation lente, correspondent à celles qui apparaissent pendant l'hydrolyse de l'amidon, on voit que les stades de la condensation amylogène sont dans un ordre inverse et les mêmes que ceux de la dégradation hydrolytique.

Le mode de réaction amylogène avec ses quatre types de plastes que j'ai signalé dans une Note antérieure chez les embryons de Haricot cultivés sur glucose à 5 pour 100 à la deuxième période de leur germination, est tout à fait analogue au précédent sous le rapport de la marche de la condensation;

il en diffère surtout par la réaction pluriloculaire beaucoup moins accusée des plastes; je l'ai obtenu expérimentalement chez les *Pisum sativum* et *Faba vulgaris* en cultivant des embryons secs sur une solution de glucose à 5 pour 100 à 30°, je l'ai observé également dans l'hypocotyle de ces deux espèces pendant la germination de graines entières dans le cas d'embryons où l'hypocotyle est pourvu à maturité de nombreux grains d'amidon et présente à la germination une réaction amylogène rapide et intense témoignant d'un afflux abondant de sucre venant des cotylédons.

Ces observations et expériences suggèrent les conclusions suivantes :

1° Les différents stades de la condensation amylogène observés dans les cellules vivantes reproduisent dans un ordre inverse les étapes bien connues de la dégradation hydrolytique de l'amidon.

2° La présence dans une même cellule de plastes qui bien que réagissant simultanément présentent des degrés variés de condensation, montre l'existence entre les plastes d'une même cellule de différences individuelles de puissance condensatrice.

3° L'existence de plusieurs stades de condensation et le fait que certains plastes peuvent s'arrêter au stade rouge, qui paraît une étape d'une certaine stabilité, est favorable à l'hypothèse de l'action de plusieurs (deux ou davantage) catalyseurs de condensation; on s'expliquerait ainsi l'arrêt temporaire ou définitif à certains stades, tels que le stade rouge, par l'insuffisance dans la production ou par une faiblesse dans l'activité des catalyseurs d'ordre plus élevé en rapport avec l'afflux abondant du glucose.

4° L'existence d'une étape de la condensation du type à grains rouges dit *amylodextriné* suggère que les grains d'amidon de cette nature que l'on a observés chez un certain nombre d'espèces sont des grains dont l'évolution condensatrice s'est arrêtée à ce stade et non des grains à condensation normale sur lesquels s'est exercée au cours de leur développement une action amylolytique partielle (opinion de Meyer et Pfeffer). La corrélation existant entre l'abondance de glucose et la formation de ces grains rouges peut fournir l'explication de leur existence très fréquente dans certaines cellules, notamment dans les tubes criblés, et de leur présence exclusive chez certaines espèces telles qu'*Allium Cepa*.

CHIMIE AGRICOLE. — *Influence des éléments nutritifs sur le développement des bactéries du sol.* Note de M. D. Chouchack, présentée par M. Th. Schlœsing.

J'ai montré dans une Note précédente [1] que le développement des bactéries pouvait être utilisé pour faire l'analyse du sol.

Je me basais pour cela sur ce que les bactéries sont des végétaux inférieurs dont les besoins en éléments nutritifs minéraux sont analogues, à l'ordre de grandeur près, à ceux des végétaux supérieurs.

Les expériences suivantes montrent qu'il en est bien ainsi : que des doses croissantes d'engrais ajoutées à un sol produisent sur le développement des bactéries une action semblable à celle qu'elles produisent sur le développement des végétaux supérieurs.

Je rappelle que j'ai appelé *indice biologique* d'un sol la différence entre les quantités d'oxygène dégagées, d'une part, lorsqu'on traite un certain poids de terre par l'eau oxygénée, et d'autre part, le même poids de terre préalablement chauffée à 100°.

Dans les expériences rapportées ici, j'ai suivi la technique indiquée précédemment : des lots d'une terre identique sont amenés par addition d'eau à un taux d'humidité de 22 pour 100; ils reçoivent une addition de mannite à la dose de 1 pour 100, ainsi que des doses diverses d'éléments nutritifs. Après un séjour de vingt-quatre heures à l'étuve à 28° et à atmosphère humide, on détermine l'indice des divers lots. Cet indice est d'autant plus grand que le développement des bactéries a été lui-même plus grand.

I. *Influence de doses croissantes de mannite.* — Les divers lots de terre additionnés de N, P^2O^5, K^2O, aux doses de 0,02 pour 100 et de doses croissantes de mannite, donnent :

Mannite ajoutée pour 100.	0.	0,03.	0,09.	0,24.	0,50.	1.
Indice $D_{15'}$..........	5,4	5,6	9,0	14,1	14,2	14,1

Dans les expériences où on a employé une dose de mannite de 1 pour 100, on aurait pu réduire cette dose à 0,5 ou même à 0,25 pour 100 sans changer les résultats.

II. *Influence de doses croissantes d'engrais azoté.* — Les divers lots de

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1842.

terre ont reçu P^2O^5 et K^2O à la dose de 0,02 pour 100, 1 pour 100 de mannite et des doses croissantes d'azotate d'ammoniaque.

N ajouté pour 100.	0.	0,002.	0,006.	0,01.	0,02.
Indice $D_{15'}$	5,4	7,7	11,1	14,2	14,1

En remplaçant l'azotate d'ammoniaque par l'urée, on a obtenu :

N ajouté pour 100.	0.	0,001.	0,002.	0,006.
Indice $D_{15'}$	5,4	5,8	7,5	12,0

L'azotite de sodium, en prenant pour mesurer l'indice 10g de terre, désagrégés avec 5cm³ d'eau, en employant 10cm³ d'eau pour le lavage du tube et 15cm³ d'eau oxygénée à 7vol, a donné :

N ajouté pour 100.	0.	0,00016.	0,00033.	0,00066.	0,0012.
Indice $D_{15'}$	27,2	29,4	30,2	34,0	36,5

III. *Influence de l'acide phosphorique.* — Les divers lots de terres ont reçu 1 pour 100 de mannite, 0,02 de N et de K^2O et des doses croissantes de PO^4Na^2H. On a obtenu :

P^2O^5 ajouté pour 100.	0.	0,001.	0,002.	0,005.	0,01.	0,02.
Indice $D_{15'}$	7,1	11,1	13,3	14,0	14,5	14,1

En remplaçant la mannite par le glucose à 0,5 pour 100 et en effectuant la mesure de l'indice sur 10g avec 10cm³ d'eau oxygénée à 7vol et en limitant la durée du dégagement à 5 minutes, on a eu :

P^2O^5 ajouté pour 100.	0.	0,00016.	0,00033.	0,00066.	0,001.
Indice $D_{5'}$	14,0	15,6	16,8	17,2	18,7

Il n'a pu être fait d'expériences relatives à l'action de la potasse, cette terre ne réagissant pas aux engrais potassiques.

Mais il ressort nettement des expériences précédentes que l'action de doses croissantes des engrais azotés ou phosphatés produit sur le développement des bactéries une action parallèle à celle qu'elles exercent sur les végétaux supérieurs :

Les rendements croissent d'abord avec les doses d'engrais ajoutées et finissent par atteindre un maximum au delà duquel elles n'ont plus d'action et peuvent même devenir nuisibles.

ANATOMIE. — *Sur la branchie de l'évent (pseudobranchie) des Sélaciens.* Note de M. F. **Granel**, présentée par M. Henneguy.

La branchie de l'évent des Sélaciens ou pseudobranchie est essentiellement caractérisée par la régression des lamelles et la présence, suivant l'axe des plumules, d'une formation vasculaire très développée, du type caverneux, qui paraît remplir un rôle physiologique important. Nous avons étudié cet organe chez *Scyllium catulus*, *Scy. canicula*, *Acanthias vulgaris*, *Centrina vulpecula*, *Squatina angelus*, *Raia clavata*, *Torpedo marmorata*, *Hexanchus griseus*, chez lesquels il présente un développement variable, mais garde toujours ses caractères fondamentaux. Cette formation vasculaire caverneuse, bien limitée par une sorte de capsule conjonctive, montre des travées épaisses, irrégulières, très colorables, à noyaux abondants, les uns allongés ou ovales, clairs, centraux, les autres plus arrondis, plus serrés, plus chromatiques, disposés à la périphérie mais sans régularité. Ces travées sont parcourues par de fines fibrilles collagènes élémentaires, non groupées en faisceaux, et qui s'entrecroisent d'une travée à l'autre. Il s'agit là d'un tissu conjonctif jeune. Le sang qui remplit les mailles montre les éléments suivants : des érythrocytes, les uns normaux, les autres altérés; des éosinophiles, parfois très abondants; des petites cellules rondes qui sont soit des lymphocytes, soit des cellules d'aspect lymphocytaire, mais à protoplasma acidophile. Ces dernières sont des formes jeunes de globules rouges; elles naissent à la surface des travées conjonctives, aux dépens des noyaux les plus chromatiques qui ont tendance à proliférer et à se détacher de la paroi. Nous n'avons pas observé à leur niveau de figures mitotiques mais nous croyons pouvoir dire, d'après nos préparations, où se voient des noyaux en voie d'étirement ou de fissuration avec répartition assez égale de chromatine aux deux pôles, que cette prolifération nucléaire résulte d'un processus d'amitose. Le fait du ralentissement obligatoire de la circulation dans les mailles de ce corps caverneux est un facteur favorable à l'hématopoïèse.

De pair avec l'hématopoïèse, on note aussi des figures d'hématolyse. Les érythrocytes altérés se présentent surtout sous forme d'éléments de grande taille, vésiculeux, plus globuleux qu'ovoïdes, ayant en moyenne des dimen-

sions de 21^{μ} sur 14 au lieu de 15 sur 7. Leur protoplasma est souvent granuleux et se colore faiblement; d'autres ont un contour irrégulier déchiqueté. Leur noyau déformé, à chromatine condensée ou fragmentée, participe aussi à la dégénérescence. On observe encore des débris protoplasmiques, des sphérules qui rappelent les figures de laquage décrites par Prenant et qui traduisent un état plus avancé de l'hématolyse. Le processus d'hématolyse est encore confirmé par la recherche histochimique du fer qui est positive, soit au niveau des noyaux des globules rouges altérés, soit au niveau des débris protoplasmiques. D'autre part, les injections de bleu de méthylène vital dans la masse musculaire dorsale de *Scy. catulus* nous a permis de colorer dans les mailles de ce corps caverneux les noyaux de nombreux globules rouges; ce que l'on sait du mode d'action des colorants vitaux permet de voir dans ce résultat un signe certain de léthalité globulaire (Turchini). De ces données, il découle que la branchie de l'évent, organe placé sur un réseau bipolaire artériel, a un double rôle hématiformateur et hématolytique.

Nous avons étudié, chez l'embryon de *Torpedo*, la formation de ce corps vasculaire. Chez un embryon de 25^{mm}, les plumules branchiales sont formées par un nodule de mésenchyme spécial très compact, très colorable, bien distinct du tissu mésenchymateux voisin, plus clair; ce nodule, recouvert plus ou moins immédiatement par l'épithélium, est constitué par un syncytium à noyaux ronds très serrés et très riches en chromatine. Il occupe presque toute l'épaisseur de la plumule, sauf du côté caudal où il est séparé de la basale par du mésenchyme ordinaire. Chez un embryon de 30^{mm}, on note en plein nodule mésenchymateux la présence de fissures en même temps que celle d'érythrocytes. Ces fissures qui se font dans tous les sens donnent ainsi une série de lacunes de formes diverses, communiquant entre elles. Les noyaux qui les bordent sont disposés sans ordre et n'ont pas l'aspect endothélial. Ici donc comme dans les corps caverneux des Mammifères étudiés par Verne et Turchini les vaisseaux naissent sur place d'une manière autochtone et ne viennent pas du dehors. Mais, dans la branchie de l'évent des Sélaciens, ce tissu caverneux présente une particularité remarquable : c'est qu'il conserve pendant toute sa vie cet état embryonnaire, et les travées possèdent chez l'adulte exactement les mêmes caractères histologiques que dans les stades les plus jeunes : même abondance de noyaux, même production incessante de cellules hématiques jeunes avec les phases multiples de leur transformation en érythrocytes.

Ce corps caverneux de la pseudobranchie des Sélaciens est à rapprocher de celui qui a été décrit dans la branchie de ces mêmes animaux par Dröscher. Mais le corps caverneux de la branchie est beaucoup moins développé que celui de la pseudobranchie. Chez *Scy. catulus*, par exemple, il représente à peine $\frac{1}{10}$ de la plumule et, en coupe transversale, une surface de 200^{μ} sur 50, tandis que dans la pseudobranchie, il représente les $\frac{9}{10}$ de la plumule avec une surface de 900^{μ} sur 400. D'autre part sa constitution est beaucoup plus simple : ses travées sont minces et ne sont le siège d'aucune prolifération cellulaire. Elles ne paraissent jouer aucun rôle dans l'hématopoïèse pas plus que dans l'hématolyse, car l'épreuve du bleu vital et la réaction du fer, aussi bien que les observations histologiques directes, sont négatives à cet égard. Dans la branchie de l'évent, ce corps caverneux a pris un développement prépondérant en même temps qu'a apparu son rôle hématopoïétique.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Influence de la température sur l'utilisation de l'énergie au cours du développement de l'œuf de grenouille rousse* (Rana fusca). Note de MM. Barthélemy et Bonnet, présentée par M. Henneguy.

La concordance des résultats obtenus au cours de leurs études sur l'influence de la température sur la croissance de *St. nigra* avec les faits antérieurement observés par Hill dans la contraction musculaire et Rubner dans le développement du *Proteus* ont amené Terroine et Wurmser à formuler la proposition suivante : L'énergie utilisable des réactions impliquées dans les phénomènes biologiques ne varie pas sensiblement dans l'intervalle de température compatible avec la vie. Les recherches ultérieures de Terroine, Bonnet et Jœssel ont montré l'exactitude de cette proposition lors de la germination de diverses graines à des températures variées.

Il est donc indiqué de rechercher s'il y a là une loi générale et tout d'abord si les mêmes faits s'observent lorsqu'on étudie les phénomènes de croissance chez l'animal. Et c'est pourquoi nous avons entrepris l'étude de l'influence de la température sur le développement de l'œuf de grenouille rousse.

L'impossibilité de recueillir les déchets du métabolisme au cours de ce processus s'oppose au calcul d'un véritable rendement énergétique ; nous nous sommes contentés d'établir le rapport $\frac{\text{énergie contenue dans N embryons}}{\text{énergie contenue dans N œufs}}$, rapport parfaitement suffisant pour la discussion de la question posée.

Pour établir les éléments de ce rapport, nous avons déterminé : 1° l'énergie contenue dans un certain nombre d'œufs ; 2° l'énergie contenue dans un même nombre d'embryons développés à partir d'œufs provenant de la même ponte, les embryons étant toujours récoltés au même stade de développement (disparition des branchies externes).

Les développements ont eu lieu à 8°, 10°, 14° et 21°. On trouvera ci-dessous les résultats obtenus en ce qui regarde l'action de la température tant sur la vitesse du développement que sur l'utilisation d'énergie.

Température.	Durée du développement.	Nombre de déterminations.	Rapport d'utilisation de l'énergie.	
			Valeurs extrêmes.	Valeur moyenne.
9°	30 jours	3	0,74 à 0,78	0,75
11	22 »	6	0,71 à 0,76	0,73
14	20 »	8	0,71 à 0,84	0,75
21	8 »	10	0,70 à 0,82	0,75

Il est facile de voir que les faits expérimentaux répondent d'eux-mêmes à la question posée : l'élévation de température qui accélère considérablement, fait classique, la vitesse du développement des embryons ne modifie en rien l'utilisation de l'énergie au cours de ce processus. Il en est ici exactement comme dans le cas du développement du *St. nigra* et dans celui de la germination. La proposition formulée par Terroine et Wurmser paraît donc bien présenter le caractère d'une loi générale.

PHYSIOLOGIE. — *La splénectomie et la déminéralisation de l'organisme.* Note de MM. **J.-E. Abelous, Moog** et **Soula**, présentée par M. Charles Richet.

L'ablation de la rate à des souris blanches peu après la naissance (5 jours) entraîne un ralentissement marqué de la croissance par rapport à des animaux témoins de la même portée. Il nous a paru intéressant d'étudier les modifications que la splénectomie produisait dans la composition minérale du corps chez deux souris splénectomisées et deux souris normales (les quatre animaux étant âgés de 20 jours).

Les deux premières souris (splénectomisées) pesaient ensemble 23^g,28, les deux normales 25^g,91.

Après avoir enlevé la rate aux deux témoins, les animaux ont été incinérés et ont fourni :

Les souris normales 0^g,8287, soit 3,2 pour 100 du poids;

Les souris dératées 0^g,614, soit 2,6 pour 100 du poids.

L'analyse des cendres (dosage du calcium, du magnésium, de l'acide phosphorique et du fer) a donné les résultats suivants :

	Souris normales.		Souris dératées.	
		% des cendres.		% des cendres.
Calcium	0^g,1838	22	0^g,1253	20,4
Magnésium	0,0089	[illegible]	0,0063	1
Acide phosphorique en P^2O^5	0,311	37,5	0,229	37,3
Fer	0,0151	1,8	0,0048	0,8

La faible proportion de fer dans les cendres des animaux dératés est remarquable et montre bien le rôle important de la rate dans le métabolisme du fer.

Si nous rapportons le poids de ces minéraux à 100^g de poids du corps, les chiffres deviennent encore plus significatifs.

	Pour 100^g de poids vif.			
	Souris normales.	Souris dératées.		
Calcium	0^g,710	0^g,538	en moins	0^g,172
Magnésium	0,034	0,027	»	0,007
P^2O^5	1,200	0,983	»	0,217
Fer	0,058	0,020	»	0,038

On voit qu'à part le magnésium dont la proportion est peu différente chez tous les animaux, le calcium, l'anhydride phosphorique et le fer présentent des différences considérables, de nature à expliquer les troubles de nutrition qui ont pour conséquences le ralentissement de la croissance chez les animaux splénectomisés. Nous pouvons donc conclure que la rate joue un rôle très important dans le métabolisme des substances minérales. Une preuve de ce rôle est fournie par le fait que l'élimination du calcium est beaucoup plus considérable chez les animaux dératés que chez les animaux normaux soumis au même régime alimentaire. Les lapins splénectomisés éliminent 0^g,256 de CaO par kilo et par 24 heures, les témoins normaux n'éliminant que 0^g,116 dans les mêmes conditions.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Étude de l'acidité ionique urinaire chez l'homme normal. Influence de l'alimentation.* Note [1] de MM. **P. Le Noir** et **A. Mathieu de Fossey**, présentée par M. Widal.

Par les mêmes méthodes que précédemment, nous avons mesuré l'acidité ionique urinaire chez l'homme normal, au moment des apports alimentaires. Le sujet restait à jeun jusqu'à midi et prenait un repas composé d'un plat de viande, d'un plat de légume, d'un fruit.

Jusqu'à midi, la courbe est la même que celles étudiées dans une Communication précédente. Environ dans les 15 minutes qui suivent l'ingestion du repas, on voit le P_H urinaire s'abaisser progressivement et se maintenir ensuite à un taux uniforme pendant un temps variable, de 30 minutes à 2 heures, selon les individus. Au bout de ce temps, il y a un relèvement acide brusque du P_H au moment où l'estomac commence à évacuer son contenu. Le P_H peut alors atteindre le taux constaté le matin ou souvent le dépasser. En tenant compte de la variabilité de la durée de cette phase selon les individus, c'est environ de 3 à 5 heures après le début du repas que le P_H urinaire tend à reprendre sa valeur du matin pour se maintenir au même taux jusqu'au repas du soir.

Nous résumons quelques-unes de nos expériences sur trois sujets dans la courbe ci-contre.

L'influence du repas sur l'acidité ionique urinaire est donc considérable; elle se manifeste en deux temps : une vague alcaline au moment de la phase de sécrétion gastrique, une vague acide au moment de la phase d'évacuation. Ces deux vagues ne se présentent pas toujours avec l'aspect typique que nous avons indiqué plus haut.

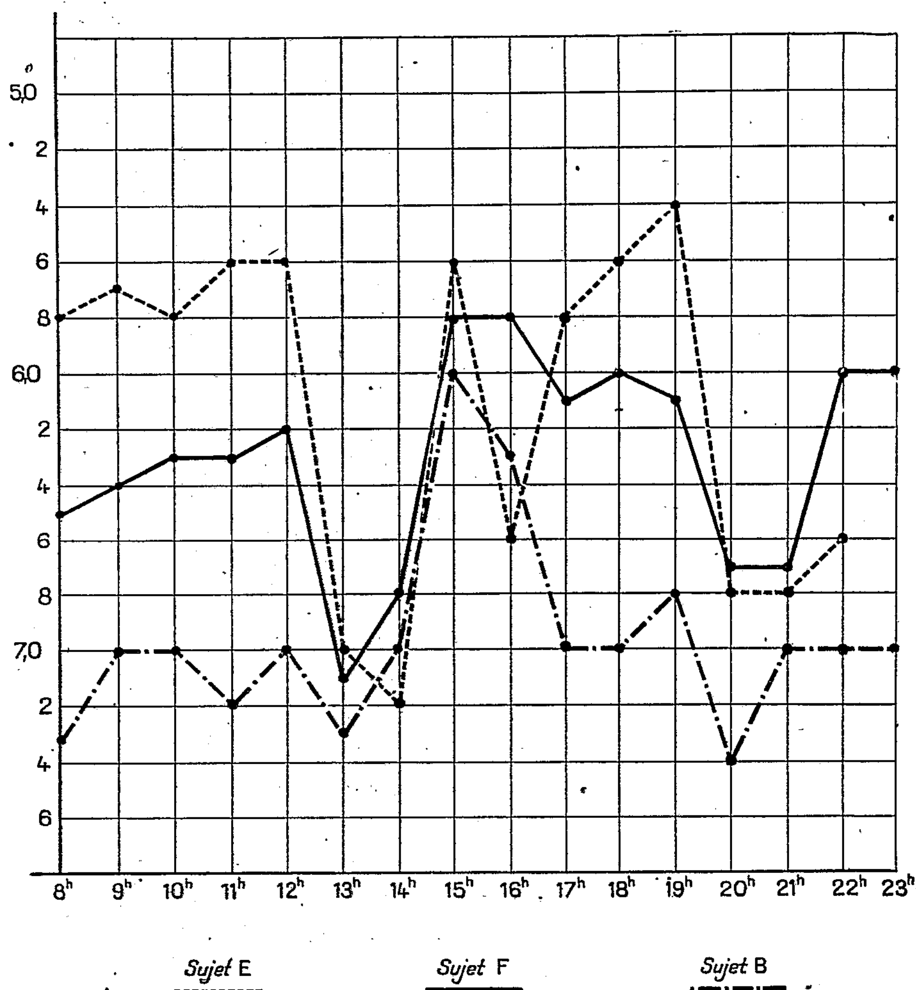
Variations de la vague alcaline. — Lorsque le malade a un P_H urinaire matinal voisin de l'alcalinité ou d'acidité basse, le déclenchement de cette vague est minime (sujet B); nous avons eu l'occasion de contrôler ce fait dans trois cas :

	8h [2].	9h.	10h.	11h.
1	7,0	7,4	7,2	6,6
2	7,0	7,4	7,4	6,8
3	6,8	7,4	7,1	6,5

(1) Séance du 26 mai 1924.

(2) Le repas d'épreuve a eu lieu à 8h 15m, après la première prise d'urine.

En revanche, lorsque le P_H urinaire est au-dessus de l'acidité normale (6 en moyenne), la vague alcaline est beaucoup plus marquée (5, 6 à 7) (sujet E).



La *qualité du repas* influe sur la vague alcaline; un repas de lait modifie très peu le P_H urinaire. Le repas d'Ewald abaisse en moyenne l'acidité ionique urinaire de 0,5; le repas de peptone de 0,6. Le repas à régime mixte est celui qui provoque la vague alcaline la plus marquée.

Vague acide. — Si la vague acide est également constante au moment de l'évacuation gastrique, il est, en revanche, très difficile d'en fixer le départ dans le temps, le moment de l'ouverture du pylore et du passage dans le

duodénum étant infiniment variable à la fois chez les différents sujets et aussi pour un même sujet. Dans trois cas, nous avons pu suivre cette vague en prélevant de l'urine tous les quarts d'heure ou toutes les demi-heures; on se rend compte que pendant cette période digestive où le contenu acide de l'estomac est rapidement neutralisé dans l'intestin, les variations de l'équilibre acido-basique du sang, et conséquemment de l'urine, sont extraordinairement rapides et infiniment variées.

	13h.	13h15m.	13h30m.	14h.	14h15m.	14h30m.	14h45m.
Sujet E (repas à 12h)......	6,8	6,8	6,8	6,0	5,8	6,2	5,6
	9h15m.	9h45m.	10h.	10h15m.	10h30m.	11h.	
Sujet F (repas d'Ewald à 8h matin).	7,0	6,8	7,2	6,8	7,0	7,0	
	9h.	9h15m.	9h30m.	9h45m.	10h.	10h30m.	
Sujet W (repas d'Ewald à 8h matin).	6,6	6,8	6,0	6,0	6,0	6,0	

L'estomac se vidant parfois par étapes successives, nous avons constaté des vagues acides urinaires successives qui correspondent aux phases de sécrétion duodénale ou biliaire, avec des retours aux P_H antérieurs entre deux éliminations gastriques (sujet F et sujet E). Il est possible que nous ne saisissions là qu'une partie des oscillations variées par lesquelles passe le P_H sanguin dans cette phase de la digestion. Dans d'autres cas, la vague acide se continue identique à elle-même (sujet W), mais il se peut que les différentes oscillations, trop rapides, aient dans ce cas passé inaperçues.

Conclusions. — 1° L'acidité urinaire chez l'homme normal, mesurée par la concentration en hydrogène-ion pendant les 24 heures, varie surtout sous l'influence des apports alimentaires.

2° Au moment des repas, la phase de sécrétion gastrique s'accompagne régulièrement d'un abaissement de l'acidité urinaire. Cette vague alcaline est constante chez tous les individus et particulièrement marquée avec un repas normal (régime mixte).

3° A cette vague alcaline succède une vague acide, dont l'allure, aussi bien que la durée, est infiniment variable selon les sujets et chez le même sujet.

ZOOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Modifications hormono-sexuelles chez les Gallinacés adultes et théorie de la forme spécifique.* Note de MM. PÉZARD, SAND et CARIDROIT, présentée par M. Ch. Gravier.

Par des expériences portant principalement sur des animaux jeunes ou presque adultes, différents auteurs (Pézard, Goodale, etc.) ont établi que les caractères sexuels secondaires des Gallinacés dépendent de sécrétions internes ou hormones élaborées par les gonades.

On devait se demander si les attributs sexuels, si labiles au début, réagiraient d'une façon différente chez l'adulte ou même se montreraient réfractaires aux variations hormoniques : déjà, les expériences de castration postpubérale comme les faits d'arrhénoïdie sénile apportaient une réponse négative. Pour trancher définitivement cette importante question, nous avons appliqué au Coq et à la Poule *adultes* (de 6 mois à 3 ans) les procédés habituels : castration, transplantation de gonades homologues et hétérologues, déplumage local. Dans la présente note, nous relaterons seulement les résultats relatifs aux organes vasculaires de la tête (crête, barbillons), signes concrets de la sexualité, dont le conditionnement hormonique s'est montré rigide, immédiat et précis.

Comme *matériel*, nous avons choisi de préférence les deux races Leghorn doré et Leghorn blanc; non seulement en raison du développement exagéré de la crête chez les Coqs, mais aussi à cause de la forme et de l'évolution de la crête chez la Poule : *repliée* à droite ou à gauche, *petite* dans l'intervalle des pontes, *très grande* au contraire quand l'animal prépare, mûrit et expulse sa « grappe d'œufs ». Mieux que toute longue explication, les deux tableaux ci-après fixent l'étendue et la précision des résultats.

TABLEAU I. — *Potentialités du Coq.*

C. *Coq Leghorn doré adulte.* — Organes vasculaires très développés.

S. *Coq Leghorn doré, castré après puberté.* — Organes vasculaires petits, farineux, pâles (plumage du Coq).

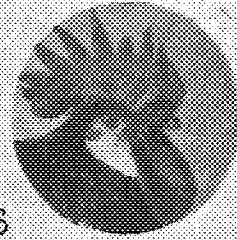
C'. *Coq Leghorn doré, castré après puberté* (régression de la crête), *puis ayant reçu des transplants testiculaires de Coq.* — Évolution nouvelle de la crête, aujourd'hui achevée.

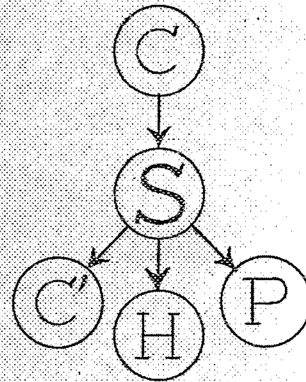
H. *Coq Leghorn doré adulte. A reçu en transplantation intratesticulaire l'ovaire d'une poulette Leghorn blanc.* — Tête du Coq normal (plumage dorso-lombaire femelle, signe d'activité ovarienne).

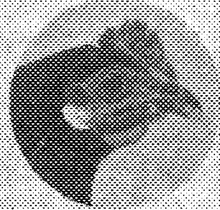
P. *Coq Leghorn doré, castré, puis féminisé à l'âge de deux ans, par transplantation d'ovaire de poule.* — Après l'implantation, développement immédiat de la

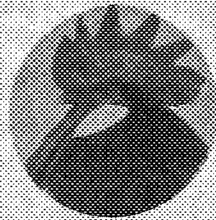
I.

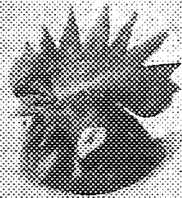
Potentialités du COQ

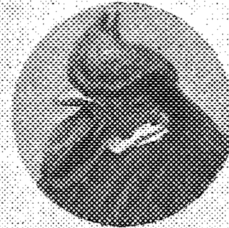






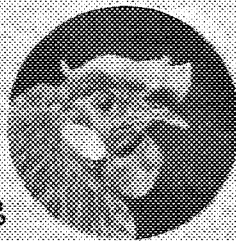


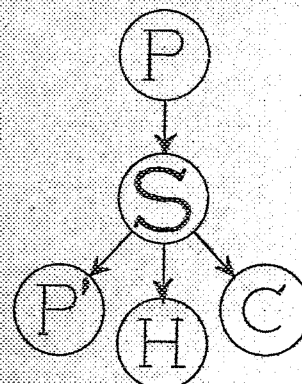


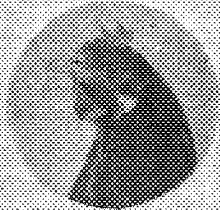


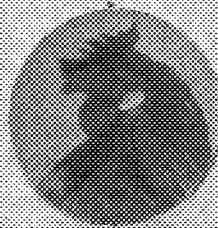
II.

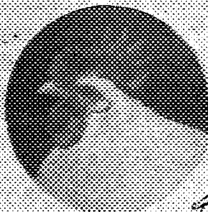
Potentialités de la POULE

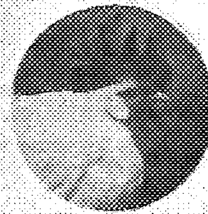












crête qui, au bout de deux mois, a pris la taille, l'aspect et le pli caractéristique de la poule pondeuse (plumage de poule).

TABLEAU II. — *Potentialités de la Poule.*

P. *Poule Leghorn doré adulte.* — Crête développée, mince, tombante.

S. *Poule Leghorn doré ovariectomisée.* — Crête petite, farineuse, pâle, comparable à celle du chapon. L'ovariectomie d'une Poule pondeuse entraîne immédiatement la régression de la crête, comme chez le Coq (plumage et ergots du mâle).

P'. *Poule Leghorn doré. Après ovariectomie, a reçu des transplants ovariens.* — Régression, puis évolution nouvelle de la crête (gorge présentant des plages noires, masculinisées après l'ovariectomie).

H. *Poule Leghorn blanc, rendue hermaphrodite par transplantation testiculaire.* — Tête du Coq (plumage de la Poule).

C. *Poule Leghorn blanc, masculinisée par suppression de l'ovaire et greffe de testicule.* — Tête du Coq (plumage en voie de transformation mâle. Ergots).]

Conclusions. — Sous l'influence de conditions hormoniques nouvelles, les caractères sexuels secondaires se sont modifiés de la même façon que chez les sujets jeunes; d'où il suit que l'âge n'a pas diminué les potentialités évolutives de nos animaux. Même, le mâle et la femelle réalisent encore, après castration, une forme identique S, équipotentielle, dite « forme neutre ». Ce résultat étend et renforce la conception développée en 1914 par Tandler et Grosz relativement aux Mammifères et en 1915 par A. Pézard, relativement aux Oiseaux [1].

Depuis quelques années, plusieurs auteurs, commentant cette « forme neutre », l'ont décrite comme une *forme asexuée embryonnaire*. Cette nouvelle appellation, vide de sens, semble méconnaître le caractère objectif et continu des résultats obtenus chez les Mammifères (Steinach, Sand) et les Oiseaux. Cette forme ne constitue pas une entité abstraite ou artificielle, mais une réalité morphologique. Elle extériorise le patrimoine hérité en commun par le mâle et la femelle d'une même espèce ou d'une même race, ou mieux le fond sur lequel s'édifie par un chimisme contingent l'organisme définitif. Nous la désignerons dorénavant sous le nom de *forme spécifique* : terme qui fixe la valeur génétique de la présente notion en même temps qu'il la dégage de tout rapport avec la fonction germinale.

La séance est levée à 16h30m.

A. Lx

(1) A. PÉZARD, *Transformations expérimentales des caractères sexuels secondaires chez les Gallinacés* (*Comptes rendus*, t. 158, 1915, p. 613).

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances d'avril 1924.

Cinquantenaire du décès de Claude Gay (Compte rendu de la célébration). Draguignan, Négro père et fils, 1924; 1 fasc. 24cm,5.

Construisez donc vous-même votre poste de téléphonie sans fil, par l'abbé Th. Moreux. Paris, Gaston Doin, 1924; 1 vol. 18cm.

Leçons de mécanique rationnelle professées à l'École des mines et de métallurgie, faculté technique du Hainaut, à Mons, par François Bouny. Tome I. Paris, Albert Blanchard, 1924; Mons, Leich, 1924; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Appell.)

Revision de los equinidos fosiles cubanos, par Mario Sanchez Roig. Habana, Lopez Salas, 1924; 1 vol. 23cm,5.

Théorie analytique des turbines centrifuges et centripètes à réaction, par le comte de Sparre. Paris, Gauthier-Villars et Cie, et Presses universitaires de France, 1924; 1 fasc. 25cm.

Faune de France : 7. Pycnogonides, par E.-L. Bouvier. Paris, Paul Lechevalier, 1923; 1 vol. 25cm.

Études de lépidoptérologie comparée, par Charles Oberthür. Fascicule XXII; part. I. Rennes, Oberthür, 1924; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Particularités inédites de la baisse barométrique dans les cyclones et leur utilisation, par F.-E. Fournier. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1924; 1 fasc. 25cm.

Mission Rohan-Chabot, sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique et de la Société de géographie. Tome IV : *Histoire naturelle;* fasc. I : *Mammifères* (*Anatomie comparée — Embryologie*), *Oiseaux*, *Reptiles*, *Poissons*. Paris, Imprimerie nationale, 1923; 1 vol. 28cm,5. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Traité de stabilité du matériel des chemins de fer, par Georges Marié. Paris et Liége, Ch. Béranger, 1924; 1 vol. 28cm.

Publications périodiques reçues pendant le premier trimestre 1924. (*Suite.*)

Cambridge bulletin (*the*). Cambridge (Great Britain),

Canadian Patent Office Record and Register of Copyrights and Trade Marks (*the*). Ottawa.

Canal de Suez (*le*); *bulletin décadaire de la compagnie universelle du canal maritime de Suez*. Paris.

Cenové Zpràvy; rapports sur les prix publiés par l'Office de statistique de la République tchécoslovaque. Prague.
Chaleur et industrie. Paris.
Chemical news (the) and Journal of Industrial Science. London.
Chimie et industrie. Paris.
Chronique médicale. Paris.
Circulaire de l'Observatoire de Marseille. Marseille.
Collection des impressions du Conseil supérieur de la natalité. Melun.
Comité des travaux historiques et scientifiques. Notices, inventaires et documents. Paris.
Comité français des expositions. Paris.
Comptes rendus des séances de l'Académie d'agriculture de France. Paris.
Comptes rendus des séances de la Société de biologie et de ses filiales. Paris.
Cote industrielle (la); bulletin de renseignements commerciaux de la Société de chimie industrielle. Paris.
Department of the Interior Bureau of Education; bulletin. Washington.

Écho de l'Union sociale d'ingénieurs catholiques U. S. I. C. Paris.
Écolier français (l'); supplément de la « Renaissance alsacienne ». Strasbourg.
El-Alery. Beyrouth.
Éphéméride de 415 Palatia. Marseille.
Ex-libris. American Library in Paris. Paris.
Expansion économique. Paris.

Farmers' Bulletin. Washington.
FF communications; edited for the Folklore fellows. Helsingfors.
Francexport. Paris.

Gazette des hôpitaux civils et militaires. Paris.
Genetics; a periodical Record of Investigations bearing on heredity and variation. Brooklyn.
Génie civil (le). Paris.
Geographical journal (the). London.

Helvetica chimica acta. Bâle.
Hispano-America. Tegucigalpa.

Industrial Bulletin. Albany.
Institut international d'agriculture, Rome; communiqué à la presse. Rome.
Inter-America. New-York.

Jaarcijfers voor het Koninkrijk der Nederlanden (annuaire statistique du Royaume des Pays-Bas). La Haye.
Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales. Sydney.
Journal d'agriculture pratique et journal de l'agriculture. Paris.

Journal de la Société des américanistes de Paris; nouvelle série. Paris.
Journal de médecine et de chirurgie pratiques, à l'usage des médecins praticiens. Paris.
Journal de pharmacie et de chimie. Paris.
Journal of Agricultural Research. Washington.
Journal of the American Chemical Society. Easton.
Journal of the British Astronomical association. London.
Journal of the Chemical Society. London.
Journal of the Franklin Institute. Philadelphia.
Journal of the royal astronomical Society of Canada. Toronto.
Journal of the royal Institute of british architects. London.

Koninklijk magnetisch en meteorologisch Observatorium te Batavie; Verhandelingen. Batavia.

Library of Congress; Report of the Librarian of Congress. Washington.
Liste des signaux distinctifs des bâtiments de la marine française (guerre, commerce, plaisance), à l'usage des bâtiments de toutes les nations. Paris.

Maandstatistick van den in-uit-en doorvoer. S' Gravenhage.
Maestro. Revista de cultura nacional. Mexico.
Marseille médical; bulletin mensuel de la Société de médecine et d'hygiène coloniales de Marseille et de sa filiale d'Alep (Syrie). Marseille.
Mémoirs and Proceedings of the Manchester literary and philosophical Society. Manchester.
Mémorial de l'artillerie française. Paris.
Memorias y revista de Sociedad cientifica « Antonio Alzate ». Mexico.
Ministry of agriculture. Egypt. Technical an scientific Service. Cairo.
Moniteur industriel, économique, commercial, financier. Paris. Bruxelles.
Montagne (la). Paris.
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. London.
Monthly Weather Report of the Meteorological Office. London.
Monthly Weather Review. Washington.

Nature (la); revue des sciences et de leurs applications à l'art et à l'industrie. Paris.
New-York meteorological Observatory. New-York.
New-York State Museum Bulletin. Albany.
Nieuwe verhandelingen van het Bataafsch Genootschap. Rotterdam.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 JUIN 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à Sir **William Pope**, Correspondant pour la Section de Chimie; M. le général **Gomez Nuñez**, directeur de l'Institut de Statistique d'Espagne; M. **Paul Stroobant**, directeur adjoint de l'Observatoire de Bruxelles; M. **Sauveur**, professeur de métallurgie et de métallographie à l'Université Harvard; M. **Odon de Buen**, professeur à l'Université de Madrid, qui assistent à la séance.

TECTONIQUE. — *Sur la structure de la* Dorsale Tunisienne. Note de M. **Louis Gentil**.

La question des nappes de charriage de l'Afrique du Nord, que j'ai entrevue dès l'année 1902 en Algérie, a été nettement posée par M. Pierre Termier en 1906-1908, à propos de la Tunisie, et reprise par MM. Lugeon, L. Joleaud et moi, en 1918, au sujet du Maroc.

Elle a été, de la part de mes collègues d'Alger, le sujet de discussions qui, présentées sous une autre forme, auraient pu être beaucoup plus fécondes. MM. Brives, Dalloni et Savornin ont nié l'existence des phénomènes de recouvrements dans nos possessions nord-africaines. M. Savornin, en particulier, s'est attaché à montrer qu'aussi bien au Maroc qu'en Algérie, la structure de la zone accidentée du Tell méditerranéen devait être interprétée sans faire intervenir les nappes de charriage. Il semble cependant que mon distingué collègue d'Alger soit un peu revenu sur sa manière de voir, après une étude qu'il vient de faire de la région de Taza où j'avais signalé, en 1918, l'existence d'une nappe éocène ayant chevauché, jusqu'au

massif primaire et jurassique du Moyen Atlas, les dépôts néogènes de l'ancien détroit Sud-Rifain [1]. Du moins M. Savornin s'exprime ainsi en manière de conclusion : « La coupe publiée par M. L. Gentil (*loc. cit., fig.* 3), à 10^{km} ouest de Touahar, représente fidèlement le schéma de toute la vallée de l'Innaouen.... Je tiens à souligner que, pour la première fois en Afrique du Nord, l'existence d'une nappe de charriage ne souffre aucune discussion [2]. »

Un voyage d'étude, effectué au début de la présente année dans le Nord de la Tunisie, m'engage à revenir sur la structure de cette partie orientale de nos possessions nord-africaines et à l'interpréter, dans certaines parties, autrement que nous l'avons fait M. L. Joleaud et moi [3].

Je rappellerai, à ce sujet, que nous avions pensé qu'il existait dans la région de Bizerte, entre le grand port de guerre et Teboursouk, deux et peut-être trois nappes de charriage : la plus élevée formée de Trias à facies germanique, la seconde de Lias et de Schistes paléozoïques et la troisième, éventuelle, de Crétacé supérieur et de Nummulitique; nous avions considéré, en outre, les djebels Bou Kournine, Ressas et Zaghouan qui terminent vers le Nord l'axe orographique de la Tunisie désigné sous le nom de *dorsale tunisienne*, comme jalonnant le front d'une nappe liasique-jurassique.

Le Trias qui affleure sur de grandes surfaces forme deux bandes distinctes. La première part de la pointe la plus septentrionale de l'Afrique, le Ras ben Sekka, situé à l'ouest de Bizerte, pour se relier au grand lambeau de Souk Ahras (Constantine) par les collines qui bordent, à l'Ouest, la Garaet el Achkeul et par le vaste bombement elliptique du plateau d'Hedil. La seconde jalonne la ride qui traverse la Tunisie du NE au SW, depuis Ras el Djebel jusqu'à l'Ouenza (Constantine) et comprend les collines tertiaires situées entre la dépression des lacs de Bizerte et les plaines de la Basse Medjerda; puis les montagnes de Chouigui, de Lensarine, de Saint-Joseph de Tibar, etc.

Il résulte des intéressantes recherches et des levés de détail de M. Solignac que ce Trias est manifestement en recouvrement sur le Crétacé inférieur et qu'il a subi des poussées du NW vers le SE, immédiatement avant les dépôts du Miocène supérieur. De plus, le complexe néocrétacé-éonummulitique de ces régions forme des écailles poussées dans le même sens sur le Trias.

Il semble donc bien que les remarquables études de M. Solignac confirment la structure caractérisée par des phénomènes de recouvrement

---

(1) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, t. **18**, 1918, p. 129.

(2) *C. R. somm. Séances Soc. Géol. Fr.*, 4e série, t. **23**, 1923, p. 200-201.

(3) *Comptes rendus*, t. **165**, 1917, p. 365 ; t. **166**, 1918, p. 42 et 119.

admises par ses devanciers. Mais des faits stratigraphiques qui infirment quelques-uns de ceux que nous avions invoqués dans notre étude, M. L. Joleaud et moi, des vues nouvelles éclairées à la lumière de la tectonique de l'autre extrémité (Maroc) de notre empire colonial nord-africain, me conduisent à une interprétation toute différente de celle que nous avions donnée sur la structure de la *dorsale tunisienne.*

Les parties saillantes de cette chaîne sont réparties sur une soixantaine de kilomètres, depuis le fond du golfe de Tunis où le Dj. Bou Kournine s'élève à 576^{m}, par le Dj. Ressas qui atteint la cote 795, jusqu'au Dj. Zaghouane qui forme le massif le plus imposant par sa surface et sa hauteur (1295^{m}). Ces trois reliefs forment la bordure d'une vaste plaine sillonnée par les réseaux de l'oued Miliane et de la Basse Medjerda; ils sont flanqués, à l'Est, par des collines moins élevées, affouillées par de petits fleuves côtiers qui se jettent dans le golfe de Tunis ou dans le golfe de Hammamet.

Les terrains qui prennent part à la structure de la *dorsale* forment une série presque complète des dépôts secondaires: triasiques, liasiques, jurassiques et crétacés. Le Trias lagunaire a une épaisseur indéterminée; l'ensemble du Lias et du Jurassique calcaires dépasse 800^{m} de puissance au Dj. Ressas; enfin la série crétacée, presque complète, atteint 200^{m} (1).

Pour bien comprendre la tectonique de la *dorsale tunisienne* il faut partir du Dj. Ressas qui offre la structure la plus nette.

Cette montagne forme un îlot rocheux, sorte d'arête aiguë, déchiquetée, de calcaires jurassiques, qui est orientée NE-SW et émerge de plus de 700^{m} au-dessus de la plaine. Elle est adossée, à l'Est, aux collines argilo-calcaires crétacées des djebels Khoridja et Djoufi. La pointe nord-est forme une masse moins proéminante, désignée sous le nom de Petit Ressas (500^{m}); l'autre partie, allongée de près de 3^{km} d'étendue, forme l'arête en lame de scie du Grand Ressas (795^{m}).

Je crois qu'il faut renoncer à voir dans cette montagne un bombement anticlinal du Jurassique. J'estime qu'en réalité la structure du Dj. Ressas est monoclinale.

Une coupe transversale dirigée NW-SE et passant au sud du point culminant, rencontre la succession des calcaires liasiques, oxfordiens et tithoniques, sur une épaisseur de plus de 800^{m}. Ces calcaires sont fortement redressés (à 75° ou 80°) et

(1) Voir au sujet du Crétacé l'important Mémoire d'Alex. Joleaud (*Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, t. 1, 1901, p. 113-146).

légèrement déversés vers le Sud-Est. L'îlot jurassique est entouré, sur la plus grande partie de son périmètre, par des marnes schisteuses du Néocomien; au Sud, un lambeau de 3^{km} de longueur de Trias lagunaire forme une sorte de boutonnière étirée.

La structure du Petit Ressas apparaît nettement; elle éclaire celle de tout le massif. On peut voir le Trias affleurer largement sur son flanc nord-ouest et s'étirer entre les calcaires tithoniques qui le composent et les marnes schisteuses *retroussées* du Crétacé inférieur; tandis que le flanc sud-est du Petit Ressas est en contact avec les mêmes marnes néocomiennes également retroussées. On peut constater, en outre, que les calcaires jurassiques, légèrement déversés sur le flanc sud-est, le sont également en sens inverse sur le Trias du flanc nord-ouest.

Cette allure du Petit Ressas nous a fait croire, à M. L. Joleaud et moi, à une apparence de faux synclinal (anticlinal plongeant). L'interprétation à donner apparaît beaucoup plus simple : le Dj. Ressas est formé d'une ou de plusieurs écailles de calcaires liasiques et jurassiques poussées à travers les marnes schisteuses du Crétacé inférieur, avec lames étirées de Trias gypseux, le double et léger déversement des calcaires du Petit Ressas résultant d'un étranglement de l'écaille jurassique au-dessous de la ligne d'affleurement. Ce resserrement se manifeste d'ailleurs par un amincissement des calcaires secondaires qui, au niveau du col compris entre les deux Ressas, rapproche à moins de 300^{m} les argiles crétacées du flanc sud-est des marnes bariolées triasiques du flanc nord-ouest.

La structure du Dj. Bou Kournine rappelle singulièrement celle du Dj. Ressas.

Des calcaires liasiques, en bancs presque verticaux, forment la cime de la montagne (576^{m}). On voit encore là un déversement très léger des calcaires, à l'Ouest, et un autre plus accentué, à l'Est, sur le Crétacé inférieur qui entoure de toutes parts l'îlot lias-jurassique. De plus, le contact est manifestement mécanique et laminé.

Il en résulte qu'une coupe transversale du Dj. Bou Kournine, relevée de l'Ouest vers l'Est par son sommet, montre les calcaires du Lias et du Jurassique enserrés entre des parois crétacées, dans la même situation que ceux du Dj. Ressas; là encore les argiles schisteuses avec quartzites du Valanginien ou les marnes de l'Hauterivien sont retroussées au contact des calcaires. Enfin, en poursuivant la coupe vers l'Est on voit toute la série crétacée fossilifère reprendre peu à peu une quasi-horizontalité. Au sud du massif le Lias va en s'amincissant vers le Sud-Ouest pour se terminer en biseau dans les schistes valanginiens ou les marnes calcaires hauteriviennes. Et, sur l'alignement de cette pointe liasique, on voit apparaître, non loin de la Ferme Crété, une lentille allongée de Trias dans la même situation que l'affleurement de marnes bariolées qui se trouve enchâssé dans le Crétacé inférieur, au sud-est du Grand Ressas.

Le Dj. Bou Kournine apparaît donc, de même que le Dj. Ressas, comme formé d'une ou plusieurs écailles de calcaires liasiques et jurassiques ayant percé à travers les argiles et les marnes schisteuses du Crétacé inférieur, avec lames interposées de Trias lagunaire.

La structure du Dj. Zaghouane est plus compliquée. Dans son ensemble le massif forme bien, comme l'ont dit MM. Ficheur et Haug, un dôme de Lias et d'Oolithe entouré de Crétacé et d'Éocène, lui-même composé de dômes secondaires juxtaposés (¹). On y retrouve cependant une grande analogie de structure avec le Ressas et le Bou Kournine.

Le bord occidental est limité par une faille NE-SW : la grande faille de Zaghouane de l'ingénieur Rolland. De ce côté, les calcaires liasiques butent contre les grès de l'Éocène supérieur, les marnes de l'Éocène inférieur ou les schistes néocomiens. La faille est gauchie, inclinée vers l'Est dans sa partie nord, vers l'Ouest dans sa partie méridionale; enfin, partout au contact, les marnes éocènes ou crétacées sont retroussées du côté de la lèvre affaissée. Le bord occidental du massif offre le contact du Lias ou du Tithonique avec le Néocomien. Dans le deuxième cas la superposition est normale, dans le premier il y a recouvrement du Lias sur le Crétacé avec suppression mécanique du Jurassique. Deux petits affleurements de Trias apparaissent, l'un au Nord où le Tithonique forme un lambeau séparé du reste du massif par un étranglement entre le Néocomien et le Trias et rappelant fidèlement le Petit Ressas. L'autre pointement triasique forme une lentille étirée située sur le prolongement de la grande faille, au Sud, dans la même situation que celui du Ressas.

Il résulte de cette courte description que le Dj. Zaghouane apparaît comme un dôme de Lias et de Jurassique dont le flanc est a été supprimé par étirement, tandis que le reste a été fracturé et surplissé. Des traces de resserrement dans le sens NW-SE se montrent, de sorte que le Zaghouane peut être considéré, dans son ensemble, comme ayant une structure comparable à celles du Ressas et du Bou Kournine.

Il est possible de se faire une idée de la genèse de la dorsale tunisienne dont nous venons d'examiner les trois éléments orographiques les plus importants.

On peut remarquer sur la carte au 200000ᵉ que les djebels Bou Kournine, Ressas et Zaghouane forment une guirlande tournant sa concavité vers le sens des poussées qui, dans le Nord-Ouest, ont produit les grands chevauchements du Trias sur le Crétacé inférieur, et du Néocrétacé-Éonummulitique sur le Trias. Ces mouvements ont exercé, sur le Crétacé argileux ou marneux de l'autochtone et sur le Jurassique sous-jacent, une action puissante, refoulant le premier, plissant le second et le fracturant, ainsi que nous le montrent le dôme complexe et cassé du Dj. Zaghouane, les écailles du Dj. Ressas et du Dj. Bou Kournine. Il y a eu, en outre, pénétration des écailles de calcaires liasiques et jurassiques dans la couverture plastique

(¹) *Comptes rendus*, t. 122, 1896, p. 1354.

argilo-marneuse du Crétacé inférieur. Ces écailles ont ensuite joué le rôle de piliers, de sortes de môles entre lesquels, sous la poussée, les couches superficielles du Crétacé ont dû être refoulées. Aussi je m'attends à voir, dans les régions peu étudiées des collines crétacées adossées aux saillies des djebels Ressas, Bou Kournine et Zaghouane, sur le versant oriental de la *dorsale tunisienne*, des replis ou des écailles formant une série d'imbrications des couches crétacées entre le Bou Kournine et le Ressas d'une part; entre le Ressas et le Zaghouane de l'autre.

Telle est la structure de la *dorsale tunisienne*, du moins entre le Dj. Zaghouane et le golfe de Tunis. Cette chaîne a été en quelque sorte formée par la compression des couches secondaires, entre la zone chevauchée du Nord-Tunisien, et sous sa poussée et la zone tabulaire de son avant-pays qui est en grande partie effondré sous la petite Syrte, dans la Méditerranée orientale.

Il convient d'ajouter que le relief des môles jurassiques de la dorsale est en grande partie dû, non plus à un phénomène de dynamique interne, mais à l'érosion superficielle.

Toute la région comprise entre Medjez el Bab, Zaghouane et Tunis, dans l'aire principale des réseaux hydrographiques de l'oued Miliane et de la basse Merjerda, a subi à la fin des temps tertiaires et au Quaternaire, une action puissante et prolongée de déblaiement, favorisée par la nature en grande partie argileuse des dépôts crétacés en affleurement. Au contraire, les masses jurassiques plus résistantes du Bou Kournine, du Ressas et du Zaghouane, opposant une résistance à l'affouillement, ont formé des reliefs de plus en plus saillants au fur et à mesure des progrès de l'érosion.

Enfin, il est important de remarquer que le Dj. Zaghouane et surtout les affleurements calcaires de la plaine, comme le Dj. Oust, impliquent que les terrains jurassiques sont moins profonds de ces côtés; tandis que, vers le Nord, en approchant du golfe de Tunis, les calcaires de cet âge n'ont vu le jour que grâce aux actions mécaniques qui ont produit les écailles du Dj. Ressas et du Dj. Bou Kournine.

BACTÉRIOLOGIE. — *De la relation entre la durée et la concentration d'une substance stérilisante (eau oxygénée).* Note de M. **Charles Richet** et de Mme **A. Le Ber.**

Si l'on traite une liqueur cultivable et non stérilisée par l'eau oxygénée, il y a stérilisation ou non suivant la dose de l'antiseptique. L'eau oxygénée

peut ensuite être éliminée par l'addition, en proportions convenables, de permanganate de K, qui la détruit et est détruit par elle. Il n'y a plus dans la liqueur que de l'oxyde manganique qui se dépose au fond du tube sous forme de précipité noir insoluble et non offensif. Le liquide clair qui surnage reste cultivable, après ensemencement.

Si la dose de H^2O^2 a été insuffisante pour détruire les germes, non seulement le liquide reste nutritif pour les microbes, mais encore, sans ensemencement, il se trouble par suite de la présence de germes qui n'ont pas été détruits.

Nous avons cherché à savoir quelle relation existe entre la durée de l'action antiseptisante et la concentration même de l'antiseptique.

A cet effet nous avons pris comme liquide de culture soit le bouillon de choux, soit le bouillon de bœuf, soit plus souvent un liquide contenant par litre PO^4K^2H, $SO^4(AzH^4)^2$, avec 5^g de glycérine et 10^g de peptone. L'eau oxygénée était à 12 pour 100.

Durée de l'action.	Concentration de la liqueur en cm³ pour 100. Dose stérilisante minimale.
3 minutes	25
5 »	20
10 »	19
30 »	16
60 »	14
2 heures	12
4 »	10
5 »	6,5
7 »	5
15 »	2

Au-dessous de 2 pour 100, quelle que soit la durée du contact, il n'y a jamais stérilisation.

La courbe qu'on peut construire avec ces chiffres est assez régulière, et l'on voit tout de suite que, si l'on appelle T la durée et P la concentration, pour 15T, ou 14T, il suffira de $\frac{P}{7}$ (soit 2T pour P) pour obtenir le même effet.

Autrement dit, sans que cette loi ait une valeur rigoureuse (car elle varie probablement aussi bien avec chaque antiseptique qu'avec chaque microbe) la dose nécessaire décroît deux fois moins vite que ne croît la durée nécessaire.

Il faut rapprocher ces faits de ceux que divers physiologistes, et notamment M. Regaud, ont découvert pour l'action exercée par l'émanation du radium sur la vie des cellules. Peut-être même serait-il intéressant de la rapprocher des constantes (classiques) de l'éthérification.

Nous avons aussi essayé la stérilisation *chimique* des bouillons de culture par des antiseptiques qu'on décompose ensuite (iode, hypochlorite de Na, SO^3H^2, SO^4H^2). Assez facilement on arrive à avoir des liquides à la fois cultivables et stériles, mais ces procédés de stérilisation chimique sont d'un maniement plus difficile et plus incertain que la stérilisation thermique.

En tout cas, comme pour l'eau oxygénée, il faut toujours tenir compte aussi bien de la durée que de la concentration, P étant en raison inverse de 2T.

La relation entre la durée et la concentration d'une solution antiseptique a été étudiée depuis longtemps. Il nous a paru intéressant d'en donner, par une nouvelle expérience extrêmement simple, une évaluation numérique.

BACTÉRIOLOGIE. — *Charbon symptomatique et gangrènes gazeuses chez les Bovidés.* Note de MM. **E. Leclainche** et **H. Vallée.** (1)

L'observation clinique d'une part, l'étude bactériologique de l'autre, ont permis d'identifier, dans l'infection décrite chez l'homme sous le nom de septicémie gangréneuse, diverses formes de gangrènes gazeuses, d'essences bactériennes totalement distinctes et partant justiciables de moyens préventifs ou curatifs spécifiques.

Il apparaît de même que cette véritable gangrène du bœuf, que l'on désigne sous le nom de charbon symptomatique, ne constitue point, dans tous les cas, une entité morbide due au seul *Bacterium Chauvœi*. Déjà Klein, Kitt, Piana, Marek, Lignières et Bidart, Zeissler et Rassfeld, Foth, Miessner, ont décrit, soit des faits cliniques hétérotypiques, soit des types bactériologiques distincts des formes réputées classiques du charbon symptomatique. A n'en pas douter, il existe chez les Bovidés, à côté de celles-ci, de véritables charbons parasymptomatiques et, vraisemblablement aussi, des gangrènes gazeuses totalement différentes.

Au surplus, depuis les mémorables travaux de E. Roux sur les rapports du Vibrion septique de Pasteur (*Bacillus septicus*) et de *B. Chauvœi*, le problème de la parenté plus ou moins étroite de ces deux bactéries

(1) Ce travail a été fait avec la collaboration de MM. Glover et Pincemin.

demeure discuté. Identiques pour nombre de bactériologistes, ces agents restent pour d'autres, dont nous étions, totalement distincts, quoique de types biologiques très voisins.

L'un des arguments essentiels jetés dans ce débat se fonde sur les épreuves d'immunisation croisée entre les diverses formes microbiennes et sur les réactions *in vitro* des sérums monovalents obtenus à l'égard de chacune d'elles. Auteurs d'une méthode de vaccination contre le charbon symptomatique par cultures véritablement atténuées, au sens pasteurien du terme, procédé dont nous surveillons l'application depuis de longues années (¹), appelés d'autre part à contrôler de nombreux diagnostics bactériologiques, nous avons pu, au cours de ces quinze dernières années, rassembler d'importants documents sur l'étude du charbon symptomatique et des infections voisines. C'est le résumé de nos recherches qui fait l'objet de cette Note.

Nous avons tout d'abord considéré comme répondant au type véritable de *B. Chauvœi*, tout échantillon qui, isolé d'une gangrène gazeuse du bœuf, se révélait sans valeur pathogène chez le cheval, virulent pour le veau et le cobaye, inapte à donner dans le péritoine, chez cette dernière espèce, des formes longues et de dimensions inégales, inapte aussi à l'agglutination à un taux supérieur à $\frac{1}{50}$ par un sérum antivibrion septique agglutinant jusqu'à $\frac{1}{10000}$ les cultures de *B. septicus* (²).

Pour nous, et par opposition, un *B. septicus* authentique est avirulent pour les bovins par inoculation sous-cutanée, hautement pathogène pour le cheval et le cobaye, chez lequel il donne des formes intra-séreuses longues et d'inégales longueurs. Il n'est point agglutinable au delà de $\frac{1}{50}$ à la faveur de sérums qui agglutinent *B. Chauvœi* à des taux de dilution supérieurs parfois à 1 pour 20000.

A l'égard des échantillons ainsi classés, les réactions d'immunité gardent toute leur spécificité, qu'on les recherche à la faveur des sérums immunisants ou bien à l'aide de vaccinations par les toxines ou par des virus atténués, sous cette réserve, cependant, qu'on use de ces moyens dans la limite où ils suffisent à assurer l'immunité, sans en arriver à réaliser de véritables hypervaccinations qui coupent court à tout essai de différenciation des variétés d'une même espèce microbienne.

(¹) LECLAINCHE et VALLÉE, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 989.

(²) Nous avons utilisé, dans ces recherches, des sérums agglutinants préparés par nos soins, et tout récemment un sérum antivibrion que nous devons à l'obligeance de M. Weinberg.

Tous ces faits expérimentaux cadrent au mieux avec cette particularité épidémiologique, aussi banale que trop oubliée, qui veut que le cheval, si sensible à *B. septicus*, résiste à merveille aux atteintes du charbon symptomatique dans les pâturages où le bœuf est voué à une infection presque certaine.

Nous n'avons en somme rien à reprendre, en ce qui regarde ces types extrêmes, à notre conclusion de 1900, d'ailleurs confirmée par nombre d'auteurs et notamment par Mac Intosh, Robertson, Markoff, Zschokke, Meyer, Uchimura et Manninger : il existe des rapports biologiques étroits entre *B. septicus* et *B. Chauvœi;* il est cependant possible de différencier les deux microbes.

Mais à côté de types aussi nettement différenciés et identifiés, nous avons, à l'exemple de divers auteurs précités, recueilli dans certains cas de gangrènes gazeuses du bœuf, cliniquement rattachés au charbon symptomatique, des germes plus ou moins nettement apparentés soit à *B. septicus* soit à *B. Chauvœi.* Il s'agissait en tous ces cas, ou bien de manifestations cliniques et nécropsiques atypiques, ou bien, plus rarement, de cas de mort avec des apparences charbonneuses chez des sujets vaccinés depuis peu de temps contre le charbon symptomatique.

Tous ces échantillons microbiens ont été soumis, tantôt à mesure de leur récolte, tantôt par groupes, à une étude systématique portant sur leurs caractères morphologiques et culturaux, sur leur action sur les sucres, sur les réactions d'agglutination et de floculation, sur la culture en milieux vaccinés, sur les qualités *in vitro*, et *in vivo* des toxines sécrétées, sur le pouvoir pathogène à l'égard des petites espèces, du bœuf et parfois du cheval et enfin sur les conditions de l'immunité croisée.

Plusieurs années de recherches nous permettent de formuler les conclusions suivantes.

A côté de nombre d'échantillons de *B. septicus* isolés chez le bœuf, dépourvus pour celui-ci de tout pouvoir pathogène et de toute valeur immunisante contre *B. Chauvœi*, d'autres types se rencontrent morphologiquement et biologiquement identiques aux précédents, qui se révèlent capables de provoquer chez cette espèce des accidents de gangrène gazeuse tout analogues à ceux du charbon symptomatique.

Le traumatisme (désordres de l'accouchement, plaies de la langue, du pharynx, des mamelles, etc.) est à l'origine de telles infections. La vaccination contre le *B. Chauvœi* ne protège pas contre elles. On ne peut donc considérer ces accidents comme relevant du charbon symptomatique. Ce

là simples gangrènes gazeuzes dues à *B. septicus* et les dénominations sont de pseudo-charbon symptomatique ou de charbon parasymptomatique, proposées en Allemagne pour désigner des formes morbides analogues, ne semblent pouvoir être retenues pour elles.

En d'autres manifestations cliniques d'origine similaire, on isole des types microbiens qui rassemblent à la fois certains des caractères propres au type classique de *B. septicus* et certaines des particularités de *B. Chauvœi*. Ce sont là des manifestations qu'il faut qualifier de charbons parasymptomatiques plutôt que des gangrènes paraseptiques. On les constate très rarement; elles n'apparaissent point à l'occasion d'un traumatisme, mais dans les conditions d'évolution du charbon symptomatique. Leurs agents représentent soit des types de transition entre *B. Chauvœi* et *B. septicus*, soit une association de ces deux germes.

Si les formes microbiennes les mieux différenciées de *B. septicus* et de *B. Chauvœi* sont inaptes à provoquer des manifestations d'immunité croisée, nous avons pu constater que nombre de ces types de transition jouissent de cette qualité. Mais l'immunité active obtenue à l'égard de chacune des formes considérées et d'autant plus solide et plus aisément conférée qu'elle relève de l'inoculation de l'antigène propre à chacun des types identifiés.

Les accidents de gangrène gazeuse du bœuf que la clinique rassemble sous leurs diverses modalités sous la dénomination générique de charbon symptomatique (charbon symptomatique proprement dit, charbon *post partum*) sont donc justiciables, ainsi que nous l'avons antérieurement indiqué, bien plus d'une vaccination polyvalente à la faveur des divers types microbiens qu'on en isole, que d'une vaccination monovalente par l'un quelconque d'entre eux, si répandu qu'il soit, jouirait-il des qualités d'un antigène de groupe que nous reconnaissons à certaines formes par nous isolées.

Une telle vaccination peut-être aisément obtenue de l'usage de vaccins polyvalents atténués selon la méthode de culture dysgénésique que nous avons fait connaître en 1913. Si toutes les souches de *B. Chauvœi*, de *B. septicus* et leurs formes de transition ne sont point atténuables ainsi, le plus grand nombre d'entre elles se prête à cette modification.

Ce mode d'intervention nous paraît ainsi préférable à celui qui ferait appel à des toxines et agressines dont la valeur immunisante est discutée par nombre d'auteurs et dont la polyvalence ne pourrait être utilement assurée étant donnés le nombre et la masse des types spécifiques à introduire dans le mélange immunisant.

HYDROLOGIE. — *Sur un mode de différenciation des eaux sulfureuses.* Note de MM. **A. Desgrez**, **H. Bierry** et **L. Lescœur**.

En poursuivant nos recherches sur la détermination du P_H des eaux minérales, nous avons pensé qu'il serait intéressant d'en rapprocher les résultats de ceux qui sont fournis par l'analyse ordinaire. Notre étude a porté sur un certain nombre d'eaux sulfureuses. La plupart des analyses de ces eaux mentionnent l'alcalinité de titration, l'acide sulfhydrique et l'acide carbonique total. Voici les chiffres que l'on peut rassembler, en consultant l'Ouvrage de Jacquot et Willm, sur les eaux qui ont fait le sujet de nos recherches.

Tableau I.

	Alcalinité (en SO^4H^2) gr. p. litre.	S gr. p. litre.	CO^3 gr. p. litre.
Challes (Grande source)	0,998	0,206	0,929
Allevard	0,314	0,035	0,466
Uriage	0,321	0,010	0,517
Cauterets (La Raillière)	0,063	0,008	0,036
Luchon (Pré nº 1)	0,133	0,03	0,082
» (Pré nº 2)	0,081	0,021	0,049
» (Reine)	0,109	0,022	0,063

L'alcalinité était déterminée par Willm en sursaturant l'eau par un excès d'acide sulfurique titré, faisant bouillir et dosant l'excès d'acide par une solution équivalente de potasse, en présence de tournesol d'orcine.

Le résultat est sensiblement le même que celui que nous obtenons en titrant directement l'eau par un acide fort, à froid, en présence de rouge de méthyle. On sait que, vis-à-vis de cet indicateur, les acides silicique, sulfhydrique et carbonique ont une action sensiblement nulle.

L'alcalinité de titration correspond donc à un ensemble de sels d'acides faibles, qui sont, d'après Willm, les carbonates alcalino-terreux, dissous à la faveur d'un excès d'acide carbonique, les carbonates alcalins, les silicates et les sulfures.

Le radical de l'acide carbonique qui figure dans le tableau comprend l'acide libre, l'acide faiblement combiné (bicarbonates) et celui des carbonates neutres; aussi employons-nous le symbole CO^3, entendant ne pas spécifier si ce radical est combiné à l'hydrogène, comme dans CO^3H^2, aux métaux seuls, comme dans CO^3M^2, ou, à la fois, à l'hydrogène et à un

métal, comme dans CO^3HM. Mêmes remarques au sujet de l'acide sulfhydrique, S devant désigner globalement le soufre de l'hydrogène sulfuré SH^2, celui des sulfhydrates SHM et celui des sulfures neutres SM^2, à l'exclusion du soufre qui entre dans les radicaux spéciaux comme S^2O^3, SO^3, SO^4, etc. et dont nous ne nous occupons pas.

Mode d'expression des résultats. — Les chiffres de Willm représentent des poids; l'alcalinité, par exemple, est calculée en grammes d'acide sulfurique.

Au lieu de faire appel au choix conventionnel d'un acide pour exprimer l'alcalinité, et pour ne pas préjuger de la nature réelle des sels d'acides faibles auxquels est due la réaction alcaline, il nous semble préférable de laisser les résultats de l'analyse sous la forme même qui s'offre au chimiste dans l'opération titrimétrique, c'est-à-dire en centimètres cubes de liqueurs titrées; nous prendrons, comme unité, le centimètre cube de liqueur $\frac{N}{10}$ et nous dirons que l'eau d'Uriage, par exemple, titre 66^{cm^3} $\frac{N}{10}$ d'alcalinité, l'eau de Luchon (Pré n° 2) 16, 4, etc. ($1^{cm^3} = 0{,}0049\ SO^4H^2$).

Nous pensons d'ailleurs que la notation en centimètres cubes de liqueur $\frac{N}{10}$ peut avantageusement être généralisée. Ainsi, pour rendre comparables entre eux les résultats de Willm et faciliter les conclusions que nous espérons en tirer, c'est également en centimètres cubes de liqueur $\frac{N}{10}$ que nous avons traduit, dans le Tableau II, les poids d'acide carbonique et d'acide sulfhydrique du Tableau I ($1^{cm^3} = 0{,}003\ CO^3$; $0{,}0016\ S$; $0{,}0048\ SO^4$).

Il est facile de voir qu'une telle notation présente, sur celle en poids, les avantages qui découlent de la notion des équivalences chimiques. On comprend, par exemple, dans le cas qui nous occupe, que le rapport de l'alcalinité aux acides carbonique ou sulfhydrique ainsi exprimés ne soit autre que le rapport des équivalences; de là une interprétation facile de la nature des sels en dissolution; les carbonates et les sulfures se caractérisent par la proportion $\frac{\text{alcal.}}{CO^3}$, $\frac{\text{alcal.}}{S} = 1$, les bicarbonates et les sulfhydrates par la proportion $\frac{\text{alcal.}}{CO^3}$, $\frac{\text{alcal.}}{S} = \frac{1}{2}$, les acides carbonique et sulfhydrique, augmentant au dénominateur, tendent à réduire le quotient de la fraction.

TABLEAU II.

	Alcalinité en $cm^3 \frac{N}{10}$ par litre.	S en $cm^3 \frac{N}{10}$ par litre.	CO^3 en $cm^3 \frac{N}{10}$ par litre.	$\frac{\text{Alcal.}}{S + CO^3}$	P_H.
Challes (grande source).....	204	128	310	0,46 (1)	7,6
Allevard..................	64	22	155	0,30	7
Uriage....................	66	6	173	0,37	7
Cauterets (La Raillière).....	13	5	12	0,73	9,4
Luchon (Pré nº 1)..........	27	19	27	0,58	8,9
» (Pré nº 2)..........	16	13	16	0,55	8,9
» (Reine)............	23	14	21	0,63	8,7

On voit que les eaux du type Luchon-Cauterets ne sont pas toujours les moins sulfurées, mais que, par contre, elles présentent une teneur en acide carbonique et une alcalinité notamment plus faible que les eaux des Alpes que nous avons examinées.

Classification. — Ce n'est toutefois pas la quantité absolue d'alcalinité ou d'acides sulfhydrique et carbonique qui nous paraît caractéristique, mais le rapport $\frac{\text{alcal.}}{S + CO^3}$. Il est inférieur à 0,50 dans le premier groupe, égal ou supérieur à 0,55 dans le second.

Il était à prévoir que les valeurs du P_H, dépendant du conflit entre les sels d'acides faibles et ces acides eux-mêmes, seraient, dans une large mesure, fonction de ce rapport. C'est ce que montre le Tableau II. Comme le rapport dont il dépend, le P_H permet, on le voit, de différencier nettement les deux groupes d'eaux.

Ces données, la première fournie par l'analyse chimique, la seconde par une détermination physico-chimique, ont donc, en fait, la même signification.

Elles permettent, l'une et l'autre, de dire que l'eau de Luchon, par exemple, contient moins d'acides faibles (carbonique et sulfhydrique) par rapport aux sels d'acides faibles, que les eaux prélevées dans la région des Alpes. Ces résultats semblent mettre un terme aux discussions antérieures sur ce point spécial (Filhol, Béchamp, etc.).

Nous sommes ainsi autorisés à classer ces eaux sulfureuses sans faire aucune hypothèse sur la nature réelle des sels dissous.

(1) L'analyse de l'eau de Challes, publiée récemment par MM. d'Arsonval, Bordas et Touplain, conduirait à un rapport égal à 0,50.

Conclusion. — On peut différencier, par une simple détermination d'acidité ionique, les eaux sulfureuses du type Luchon de certaines eaux des Alpes : Challes, Allevard, Uriage. Les premières ont un P_H élevé (8; 9,4); les secondes ont un P_H voisin de 6,9. Les données de l'analyse fournissent l'explication de cette différence. En ce qui regarde les eaux minérales, nos constatations paraissent donc conformes aux prévisions théoriques fournies par les solutions simples.

PALÉONTOLOGIE. — *Réponse aux observations de M. S. Stefanescu sur la phylogénie des Éléphants.* Note [1] de MM. **Ch. Depéret** et **L. Mayet.**

M. Stefanescu vient de soulever une question de priorité [2] au sujet de certains points de la filiation des Éléphants, telle que nous l'avons exposée dans une Note présentée à l'Académie [3] et dans notre Mémoire *Les Éléphants pliocènes* [4].

Si nous n'avons pas cité la longue série des Notes de M. Stefanescu sur ce sujet, c'est que nous n'étions d'accord avec leur auteur ni sur le mode de description des molaires de Mastodontes et d'Éléphants, ni sur la valeur des caractères morphologiques qu'il admet, ni surtout sur les déductions phylogéniques qu'il en a tirées.

En effet nous différons d'avis sur les points fondamentaux suivants :

I. Nous n'admettons aucune descendance directe, ni même aucune parenté, entre le groupe des *Mastodon sivalensis-arvernensis* et le groupe des *Elephas planifrons-meridionalis* pour deux raisons principales :

1° On ne connaît *aucune forme intermédiaire* entre ces deux rameaux.

2° Le *Mastodon arvernensis* a été le contemporain de l'*Elephas planifrons* dans le Pliocène supérieur de France et d'Italie, ce qui suffit pour faire rejeter tout rapprochement phylogénique entre les deux groupes.

II. Nous ne pouvons non plus admettre la réalité d'un rameau composé de la série *E. planifrons*, *meridionalis*, *trogontherii*, *primigenius*, *indicus*. L'un des principaux résultats de nos recherches a été la constatation de l'existence simultanée dans le Pliocène supérieur de l'Astésan de représentants des types *E. planifrons-meridionalis*, *E. trogontherii et E. primigenius* (*E. astensis*).

(1) Séance du 10 juin 1924.
(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1836.
(3) *Les rameaux phylétiques des Éléphants* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1278).
(4) *Annales de l'Université de Lyon*, fascicule 42, in-8°, 1923.

Ces espèces ayant vécu ensemble à la fin du Pliocène ne peuvent donc descendre les unes des autres, sans parler même des différences morphologiques qui les séparent.

III. *Elephas africanus* ne saurait, à notre avis, descendre de Mastodontes à collines dentaires non alternes. Son origine n'a pas davantage de rapport avec *E. atlanticus* qui fait partie du groupe *antiquus*. L'origine de *E. Africanus* nous est encore inconnue.

IV. Par contre nous nous trouvons d'accord avec M. Stefanescu en ce qui concerne la séparation phylétique complète des *Stegodon* et des Éléphants, séparation que nous avons admise à la suite des suggestions d'Airaghi et d'Osborn. C'est là un point d'autant plus important que la plupart des paléontologistes jusqu'à ces derniers temps et, dans les Traités les plus modernes, admettaient le passage des Mastodontes aux Éléphants par l'intermédiaire des *Stegodon*. Nous avons démontré l'inexactitude de cette conception et nous sommes heureux de rendre justice à M. Stefanescu sur ce point, dont l'importance est fondamentale.

CHIMIE. — *Sur le pouvoir absorbant des pulpes végétales.* Note [1] de M. **Jean Effront**.

Les pulpes végétales absorbent, à des degrés divers suivant leur provenance, l'eau, les enzymes et les acides [2]. Elles absorbent également les sels minéraux. Dans cette absorption, l'action élective des pulpes est très prononcée. Des expériences au moyen de navets le révèlent.

Pour préparer la pulpe, on fait bouillir des navets épluchés et coupés en tranches, pendant 4 heures. On rejette le liquide et l'on fait bouillir à nouveau le résidu fortement pressé et puis dilué. On change l'eau à plusieurs reprises, pour débarrasser la pulpe des substances extractives. On réduit ainsi 100^g de légumes épluchés à 7^g de pulpe humide, contenant 35,1 pour 100 d'eau. La pulpe sèche contient 5,86 pour 100 de cendres et 1,75 pour 100 d'azote.

Pour déterminer le pouvoir absorbant, on introduit une quantité de pulpe correspondant à 4^g de matière sèche dans 100^{cm^3} de solution saline à titre connu ; on chauffe ce mélange à 40° pendant 10 minutes en le

(1) Séance du 2 juin 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 18; *Comptes rendus Société de Biologie*, t. 86, 1922, p. 271; t. 87, 1922, p. 1058; t. 88, 1923, p. 129 et 132; t. 90, 1924, p. 103.

remuant fortement. On laisse refroidir et reposer pendant 4 heures. Le gel est ensuite exprimé sur une toile, et l'on détermine la teneur en sel du liquide clair.

Dans ces conditions, 40 pour 100 de sel sont absorbés dans une solution $\frac{N}{10}$ de $CuSO^4$, ce qui correspond à une absorption de 15g,95 de sel pour 100g de pulpe. La quantité absorbée peut même atteindre 20g si l'on met ensuite la pulpe en présence d'une seconde solution saline très fortement diluée.

L'intensité de l'absorption dépend de la durée de l'opération et de la proportion de sel et de pulpe en présence :

	Grammes de pulpe pour 100 de liquide.	$CuSO^4$ pour 100 (mg).	Degré d'épuisement.	$CuSO^4$ absorbé par 100g de pulpe.
1.	4	159,7	91,5	3,652
2.	4	79,8	92,4	1,804
3.	4	39,9	92,7	0,915
4.	4	1597	23,9	9,54
5.	6	»	36	9,58
6.	8	»	47,5	9,48

Dans les expériences 4 à 6 en présence de doses croissantes de pulpe, le pouvoir absorbant par 100g de pulpe est presque constant, lorsque le degré d'épuisement ne dépasse pas 47,5 pour 100, condition qui est réalisée lorsqu'on arrête l'expérience après 1 heure.

L'eau pure n'enlève pas des pulpes le sel absorbé. Mais l'extraction peut se faire par les agents qui empêchent l'absorption.

Influence sur l'absorption.	$CuSO^4$ absorbé pour 100g de pulpe.	*Influence sur l'épuisement.*	$CuSO^4$ solubilisé pour 100.
1. HCl 0	10,2	HCl 0	0
2. HCl $\frac{n}{400}$	10,1	HCl $\frac{n}{400}$	0
3. HCl $\frac{n}{160}$	6,7	HCl $\frac{n}{200}$	2,4
4. HCl $\frac{n}{40}$	4,7	HCl $\frac{n}{50}$	12,4
5. HCl $\frac{n}{20}$	1,8	HCl $\frac{n}{16}$	51
6. KCl $\frac{n}{5}$	9,75	$(C^2H^3O^2)^2Ca$ $\frac{n}{10}$	25,3
7. NaCl $\frac{n}{5}$	9,7	$(NH^4)^2HPO^4$ $\frac{n}{10}$	1,66
8. Peptones 1 pour 100	7,8	Peptones 2 pour 100	17,3
9. Peptone trypsique 1 pour 100	6,10	Peptone trypsique 1 pour 100	41,3

Dans l'essai n° 1 la pulpe absorbe 10g,2 de sel. Elle n'absorbe que 6g,10 en présence de peptones.

La pulpe contenant du cuivre cède 41,3 pour 100 du sel qu'elle contient en présence de peptones.

Le P_H des solutions salines est sans influence sur l'absorption, lorsqu'il se maintient entre 2 et 7. Le traitement préalable de la pulpe par des doses variées d'acide et par lavages en vue de la débarrasser des impuretés ionogéniques ne change pas la marche de l'absorption. Contrairement à ce que J. Loeb ([1]) a constaté pour l'absorption des sels par la gélatine où les ions métalliques entrent en combinaison pour fournir les protéines métalliques, dans le cas présent les anions et les cations des sels, sont absorbés simultanément. Les pulpes produisent donc plutôt un effet de déionisation.

Le tableau ci-dessous résume des données sur l'absorption de solutions équimoléculaires de différents sels.

	Composition des solutions.	Teneur en métal (gr. pour 1000cm³).	Métal absorbé (gr. dans 1000cm³).	Épuisement pour 100.	Absorption par 100g de pulpe.
1.....	$UO^2(NO^3)^2$	20,26	4,06	20,1	10,9
2.....	»	10,13	5,05	49,9	13,7
3.....	»	5,06	5,00	98,8	13,3
4.....	$Pb(C^2H^3O^2)^2$	17,56	7,06	40,2	18,9
5.....	»	8,78	5,3	60,3	14,1
6.....	»	4,39	3,54	80,6	9,4
7.....	$HgCl^2$	16,92	10,31	60,96	27,7
8.....	»	8,455	5,955	70,43	16,0
9.....	»	4,227	3,477	82,25	9,3
10.....	Iode	10,738	4,613	42,95	12,4
11.....	»	2,684	2,154	80,25	5,78
12.....	$BaCl^2$	11,663	2,777	23,8	7,42
13.....	»	2,916	1,857	63,68	4,96
14.....	$AgNO^3$	9,123	2,923	32,00	7,85
15.....	»	2,281	1,221	53,5	3,28
16.....	$ZnSO^4$	5,529	1,62	29,46	4,35
17.....	»	1,382	1,022	73,95	2,74
18.....	$CuSO^4$	5,34	2,23	41,7	6,04
19.....	»	1,33	1,255	94,36	3,35
20.....	$Ni(C^2H^3O^2)^2$	4,744	1,174	24,74	3,14
21.....	»	1,186	0,653	55,05	1,74
22.....	$Ca(C^2H^3O^2)^2$	2,938	0,248	8,37	0,8

Dans l'essai n° 1, sur 20g,26 de U, 4g,06 sont absorbés. L'épuisement du liquide est donc de 20,1 pour 100.

([1]) J. LOEB (trad. par M. Mouton), *Les protéines*, Félix Alcan, éd., 1924.

La rubrique « absorption » indique, en grammes, la quantité de métal absorbée, sous forme de sel, par 100^g de pulpe.

Pour les métaux à poids moléculaire très élevé, on observe une absorption très intense. Cependant la marche de l'absorption dépend de la dilution (essais 1 à 9).

Dans les essais 1, 4, 7 l'épuisement varie de 20,1 pour 100 à 60,96 pour 100. Ces variations s'expliquent par l'action des sels à certaines concentrations sur le gonflement de la pulpe et par la viscosité des liquides. Sous ce rapport, les sels de Hg se comportent tout différemment que ceux de U.

L'absorption est faible pour les sels de Ba, Zn, Ni, même dans des solutions diluées; elle est très peu prononcée pour les sels de chaux.

Ces sels, ainsi que les peptones, entravent l'absorption des sels de plomb plus activement encore que celle des sels de cuivre, en mettant en liberté les sels absorbés.

L'action des peptones et des sels de chaux n'entre pas dans le cadre des phénomènes de déplacement, qu'a étudiés Devaux (¹) : la quantité de chaux qui pénètre dans la pulpe est, en effet, insignifiante par rapport au poids du métal déplacé. Cette action est une conséquence de la variabilité du pouvoir absorbant, qui se manifeste particulièrement dans l'absorption des enzymes.

Le pouvoir absorbant des pulpes de fruits pour les enzymes protéolytiques décroît graduellement avec la maturité et atteint un minimum constant lorsque celle-ci est complète.

D'autre part, le fait de porter pendant 15 minutes une solution amylolytique à 40°, pour la ramener ensuite à 20°, n'altère pas le pouvoir liquéfiant ni le pouvoir saccharifiant de cette solution. Mais la diastase devient, à la suite de ce chauffage, beaucoup plus facilement absorbable. Le pouvoir absorbant du papier augmente donc avec le changement colloïdal du liquide.

Les observations ci-dessus fournissent des indications en ce qui concerne l'une des fonctions de la membrane cellulaire. On peut supposer que, dans la cellule végétale, la membrane contribue, non seulement au maintien de la réaction du milieu favorable, mais aussi à la coordination du travail des catalyseurs, qui dépend de l'absorption intermittente soit de la substance active, soit du coferment, soit des substances qui entravent l'action des enzymes.

(¹) Devaux, *Société linéenne de Bordeaux*, 1901, cité par J. Duclaux, *Les Colloïdes*, Gauthier, éd., 1920, p. 174.

TÉRATOLOGIE. — *Anomalies des feuilles par alloplasie.* Note (¹) de M. **Paul Vuillemin.**

L'alloplasie ou aberration de développement est une source d'anomalies des phyllomes, autrement dit des feuilles et membres homologues. Il s'agit, tantôt d'un excès ou d'un défaut général ou local, tantôt d'une inégale intensité de la croissance.

L'alloplasie générale par excès est une hyperplasie produisant des feuilles géantes; par défaut, c'est une hypoplasie produisant des feuilles naines.

L'hyperplasie locale donne des émergences épidermiques ou massives (pilosisme, adénisme) ou des tuméfactions. L'hypoplasie locale entraîne divers modes de dissociation des parties d'une feuille.

De nombreuses déformations sont dues à la disproportion des parties, sans qu'il soit aisé de faire la part de l'hyperplasie et de l'hypoplasie.

Les plus remarquables produits de l'alloplasie sont les feuilles peltées, scyphiées, ascidiées, utriculeuses.

Dans les conditions habituelles, le mamelon, qui est le premier rudiment de la feuille, de la foliole, ou de leurs parties, ne tarde pas à se déprimer en cupule par suite de la croissance qui rejette le point végétatif vers la face dorsale, tout en s'étendant à tout le pourtour, avec un déclin progressif de la médiane dorsale à la médiane ventrale.

La cupule ressemble à un cornet, dans lequel Casimir de Candolle distingue un rebord dorsal saillant et un rebord ventral déprimé.

La croissance forme un cordon soulevant cette cupule. Dans les feuilles stipitées, la cupule est consacrée à la formation du limbe; le pétiole ou le rachis provient du cordon sous-jacent.

Le rebord ventral, développé dans le limbe des feuilles peltées, est atrophié dans la plupart des feuilles adultes, que A. P. Decandolle leur oppose sous le nom de feuilles palacées. Certaines feuilles normalement palacées deviennent peltées par un excès de vigueur qui permet au rebord ventral de participer avec le rebord dorsal à l'hypertrophie générale. J'ai pu m'en assurer par des statistiques étendues sur le *Corylus Avellana* et le *Tilia silvestris*; les feuilles peltées se montrent sur les rejets les plus robustes.

Dans les mêmes espèces, les feuilles scyphiées accompagnent l'hypotrophie. Chez la Capucine, dont les feuilles normales sont peltées, l'insuffisance de développement produit, au premier degré des feuilles palacées, au degré

(¹) Séance du 10 juin 1924.

supérieur des scyphies. Je suis en ce moment la croissance d'un *Tropæolum majus* de race naine. La première feuille est palacée et sagittée; la base du limbe se prolonge par deux oreillettes aiguës; au sommet un lobule concave, partiellement débordé par les côtés du limbe, a la position d'une épiscyphie dorsale complètement détachée du limbe dans la feuille suivante, également palacée.

Dans la scyphie infundibuliforme ou peltiforme, l'état juvénile persiste, parce que le rebord dorsal n'acquiert pas la vigueur nécessaire pour accaparer la part modeste du rebord ventral.

Le maintien de l'état cupuliforme initial, évident dans les scyphies que j'ai décrites récemment ([1]), apparaît aussi dans une plantule de *Brassica oleracea* (Chou cabus) envoyée de Harnes (Pas-de-Calais) par mon fils Henri Vuillemin. Les cotylédons sont au nombre de trois; deux sont longuement cohérents; l'unique feuille est un cornet mesurant $0^m,007$ à l'orifice; la hauteur atteint $0^m,017$ au rebord dorsal, $0^m,012$ au rebord ventral; le pétiole est long de $0^m,048$.

Les scyphies sont souvent décrites sous le nom d'ascidies, y compris les feuilles peltiformes. Les feuilles peltées ont aussi été rattachées aux ascidies. Pour éviter cette confusion, il suffit de remarquer que les feuilles peltées ou scyphiées sont dues à des modifications du limbe; les ascidies au contraire, telles qu'elles ont été définies par Willdenow, appartiennent au pétiole ou au rachis. Dans la feuille ascidiée, le limbe est rudimentaire ou nul; le rachis est creux, en forme de tube (tubulure d'Adrien Guébhard), d'amphore ou de cruche.

L'ascidie apparaît dans le rachis déjà individualisé aux dépens du cordon qui soulève la cupule. Dès le début de sa croissance, les bords s'écartent au sommet; puis on ne trouve plus qu'une rainure ventrale. La suture indiquée par cette rainure met obstacle à l'extension des côtés. L'obstacle est surmonté par l'intensité de la croissance ultérieure chez les *Sarracenia*, les *Darlingtonia*, où les côtés se dégagent en formant une double crête le long de la suture de l'ascidie, sauf dans les premières feuilles chétives. Chez le *Cephalotus follicularis*, l'ascidie, localisée au sommet du rachis, porte, outre la double crête suturale, des crêtes s'échappant le long des grosses nervures. Ces dernières se montrent, à l'exclusion des crêtes suturales, chez les *Nepenthes*; ce sont des émergences névronastiques ([2]).

([1]) *Comptes rendus*, t. **177**, 1923, p. 999.

([2]) PAUL VUILLEMIN, *Valeur morphologique des émergences antitropes* (*Comptes rendus*, t. **175**, 1922, p. 849).

La distinction des scyphies est essentielle. Le regretté Casimir de Candolle m'écrivait de Genève, dans une lettre datée du 16 février 1908 :

« Vous rendez, à mon avis, un véritable service à tous ceux qui s'occupent du sujet en signalant l'abus qui a été fait jusqu'ici du terme ascidie. Bien que je ne sois pas un des moins coupables sous ce rapport, je puis vous assurer que ce n'était jamais sans une sorte de répugnance que j'appliquais le même terme aux véritables ascidies résultant d'une déformation de la feuille, telles que celles des *Nepenthes* et aux feuilles dont la forme en cornet est due au surcroît de développement de leur face supérieure.

» Dorénavant j'aurai soin de me conformer à votre nomenclature et ces dernières seront pour moi des scyphies. Il y aura alors à distinguer entre les épiscyphies et les hyposcyphies.... »

Linné appliquait le nom d'*utriculi* aux vases contenant un liquide sécrété (ascidies de *Nepenthes* et de *Sarracenia*, bractées en casque de *Marcgravia*); il nommait *folliculi* les organes gonflés d'air des *Utricularia* et des *Aldrovanda*. La fonction l'emportait à ses yeux sur la morphologie.

Le nom d'utricules sera réservé aux formations caractéristiques du genre *Utricularia* et à leurs homologues. La production de l'utricule est indépendante du gaz qu'elle renferme. L'utricule appartient au limbe comme la scyphie. C'est pourtant un produit tardif du développement des lanières, non la conséquence d'une déviation précoce affectant le sommet végétatif. L'utricule a dans le limbe les mêmes causes que l'ascidie dans le rachis : hypertrophie accompagnée d'hyponastie exagérée et de périnastie ou résistance marginale.

En résumé, l'alloplasie joue le premier rôle dans la genèse des limbes peltés par hyperplasie, scyphiés ou peltiformes par hypoplasie. L'allonastie complique l'hyperplasie dans la production plus tardive des ascidies du rachis et des utricules du limbe.

ÉLECTIONS.

Par 47 suffrages contre 2 à M. *M. de Broglie* et 2 à M. *A. Desgrez*, M. **Paul Janet** est désigné pour faire partie du Conseil de la *Fondation Loutreuil* en remplacement du prince *Bonaparte*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. **Johannes Schmidt**, élu correspondant pour la section d'Anatomie et Zoologie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° P.-L. Mercanton. *Variations périodiques des glaciers des Alpes suisses* (1910-1922). (Présenté par M. P. Termier.)

2° Aurel Stein. *Memoir on maps of chinese Turquistan and Kansu from the surveys made during Sir Aurel Stein's explorations* 1900-1901, 1906-1908, 1913-1915.

M. **Paul Helbronner** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Division des Académiciens libres, par le décès du prince *Bonaparte*.

THÉORIE DES ERREURS. — *Sur les courbes de Gauss dissymétriques.* Note de M. **de Montessus de Ballore**, présentée par M. Bigourdan.

Dans la Théorie des Erreurs accidentelles d'observation, on est conduit à représenter le nombre d'erreurs comprises entre deux limites x_0, x_1 par l'intégrale

$$\frac{n+n'}{2} \times \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{hx_0}^{hx_1} e^{-t^2}\,dt, \tag{1}$$

pour deux motifs :

1° La détermination de la constante h qui se fait par les formules

$$h = \frac{1}{\varepsilon\sqrt{2}} \qquad \left(\text{ou mieux} \quad h = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{n+n'-1}{2(n+n')}}\right),$$

$$\varepsilon^2 = \frac{(n_1+n'_1)1^2 + (n_2+n'_2)2^2 + (n_3+n'_3)3^2 + \ldots + (n_p+n'_p)p^2}{n+n'}$$

$(n =$ somme des erreurs négatives $= n_1 + n_2 + n_3 + \ldots + n_p)$,
$(n' =$ » » $= n'_1 + n'_2 + n'_3 + \ldots + n'_p)$,

opère un ajustage des valeurs expérimentales plus ou moins fautives de $n_1, n_2, n_3, \ldots, n_p, n'_1, n'_2, n'_3, \ldots, n'_p$.

2° On possède des Tables étendues de l'intégrale

$$\Theta(u) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt.$$

Les courbes qui dérivent de l'intégrale (1) et qui ont pour équation

$$y = \frac{h(n+n')}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2} \tag{2}$$

ont une forme caractéristique bien connue : en particulier, elles sont *symétriques* par rapport à Oy. On les appelle courbes de Gauss.

On rencontre souvent dans les statistiques des courbes de Gauss dissymétriques par rapport à Oy, renflées d'un côté de Oy, contractées de l'autre côté.

On peut les représenter comme il suit par deux demi-courbes de Gauss, se rejoignant sur Oy, ce qui est intéressant pour les deux *motifs* allégués plus haut à propos des courbes de Gauss.

Ayant pris pour Oy la droite D portant l'ordonnée la plus élevée (ou l'une des droites voisines, il faut ordinairement faire le calcul pour D et pour les droites voisines à gauche et à droite, puis choisir celui des trois calculs qui opère le mieux l'ajustage), on calcule la courbe de Gauss relative aux *seules* valeurs de n négatives par les formules

$$\varepsilon_1^2 = \frac{n_1 . 1^2 + n_2 . 2^2 + n_3 . 3^2 + \ldots + n_p . p^2}{n!},$$

$$h_1 = \frac{1}{\varepsilon_1} \sqrt{\frac{n-1}{2n}}.$$

Cette courbe a pour équation

$$y = \frac{2 h_1 n}{\sqrt{\pi}} e^{-h_1^2 x^2}.$$

On ne retient que la demi-branche de gauche C de cette courbe.

On écrit ensuite que cette courbe C et la courbe d'équation

$$y = \frac{2 h_2 n'}{\sqrt{\pi}} e^{-h_2^2 x^2}$$

se coupent au même point de Oy, en écrivant

$$\frac{2 h_2 n}{\sqrt{\pi}} = \frac{2 h_1 n'}{\sqrt{\pi}} :$$

cette relation détermine la seconde courbe dont on ne retient que la partie droite C'.

On peut, c'est évident, s'y prendre de beaucoup d'autres façons pour déterminer C et C' comme deux moitiés de courbes de Gauss et les faire couper Oy en un même point. Le procédé que j'indique est ordinairement satisfaisant.

Appliqué à la fréquence *observée* des diverses valeurs du rapport de la hauteur d'eau tombée en un mois à la normale de ce mois, pour 50 ans d'observations à Montsouris, il permet de dresser le tableau suivant :

Ajustage par la demi-courbe C.

Valeurs de x.	Valeurs de y observées.	Valeurs de y calculées.	Valeurs de x.	Valeurs de y observées.	Valeurs de y calculées.
$-1<x<0$...	44	47	$-5<x<-4$...	33	24
$-2<x<-1$...	42	44	$-6<x<-5$...	13	18
$-3<x<-2$...	41	38	$-7<x<-6$...	12	12
$-4<x<-3$...	38	32	$-8<x<-7$...	9	8

Ajustage par la demi-courbe C'.

Valeurs de x.	Valeurs de y observées.	Valeurs de y calculées.	Valeurs de x.	Valeurs de y observées.	Valeurs de y calculées.
$0<x<1$	43	47	$9<x<10$	21	14
$1<x<2$	49	46	$10<x<11$	12	11
$2<x<3$	45	43	$11<x<12$	5	8
$3<x<4$	37	41	$12<x<13$	9	6
$4<x<5$	32	36	$13<x<14$	6	4
$5<x<6$	28	31	$14<x<15$	2	3
$6<x<7$	30	27	$15<x<16$	1	2
$7<x<8$	26	22	$16<x<17$	1	1
$8<x<9$	15	18			

GÉOMÉTRIE. — *Remarque sur les courbes quasi asymptotiques de Bompiani.* Note de M. V. Illavatý, présentée par M. Hadamard.

Une courbe quasi asymptotique $\gamma'_{h,\nu+1}$ sur V_2 dans V_n (¹) est définie d'après Bompiani (²) de la manière suivante :

(¹) Nous désignons par V_k une variété riemannienne à k dimensions, par S_k la variété de Riemann à courbure K_0 constante et par R_k la S_k à courbure nulle (ou le voisinage infinitésimal du point examiné dans V_n). Pour la notation, voir J.-A. Schouten, *Ricci-Kalkül* (Springer, Berlin, 1914).

(²) E. Bompiani, *Sur les courbes quasi asymptotiques des surfaces dans un espace quelconque* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 757).

Le $(\nu+1)$ vecteur osculateur de $\gamma_{h,\nu+1}$ a une incidence particulaire [1] avec l'espace h osculateur de V_2 le long de $V_{h,\nu+1}$.

Soient i^ν le vecteur unité tangent, $\underset{p}{j}{}^\nu$ le $(p-1)^{\text{ième}}$ vecteur-unité normal, $\underset{p}{k}$ la $p^{\text{ième}}$ courbure d'une courbe $\gamma_{1,\nu+1}$ sur V_2 dans V_n (Nous la désignerons par $Q_{\nu+1}$). D'après la définition, la courbe examinée $Q_{\nu+1}$ doit satisfaire aux k équations $(k=n-\nu-1)$

$$\underset{x}{j}_\nu i^\nu i^\mu H_{\lambda\mu}{}^\nu = i^\lambda i^\mu \underset{x}{h}_{\lambda\mu} = 0 \qquad (x=\nu+2, \ldots, n).$$

On a donc, en général, $\nu=n-2$, c'est-à-dire qu'il n'y a, en général, que des courbes Q_{n-1} sur V_2 dans V_n. Mais il se peut néanmoins que, sur certaines familles de surfaces, des courbes Q_{n-k} $(k>1)$ soient aussi possibles. Nous avons établi ailleurs les conditions nécessaires auxquelles doivent satisfaire ces V_2.

Supposons alors que la courbe Q_{n-k} soit tracée sur V_2 dans S_n et de plus que son $(n-k)$ vecteur osculateur, géodésiquement prolongé, ait une courbe $I_{n-k}\left(I^\nu \underset{p}{J}{}^\nu \underset{p}{K}\right)$ (*courbe d'intersection*) en commun avec V_2.

En utilisant l'équation

$$(1) \qquad (i^\omega \nabla_\omega)^s i^\nu = (i^\omega \nabla'_\omega)^s i^\nu + (s+1) i^\lambda H_{\lambda\mu}{}^\nu (i^\omega \nabla'_\omega)^{s-1} i^\nu + \underset{s-2}{\varphi^\nu}$$

[valable pour toute courbe dans V_n (ou S_n)], où $\underset{s-2}{\varphi^\nu}$ dépend des vecteurs $(i^a\nabla')^\alpha i^\nu$ $(q \leqq s-2)$, on peut poser, pour les courbes Q_{n-k} et I_{n-k},

$$\underset{n-k+1}{j_\nu}\ \underset{s-2}{\varphi^\nu} = \underset{n-k+1}{j_\nu}\ \underset{s-2}{V^\nu}$$

(tout d'abord pour $s=2$, *puis* $s=3$, ...) et l'on en déduit, à cause des équations de Frenet et de l'équation (1), le théorème suivant :

Théorème I. — *Si à une courbe Q_{n-k} sur V_2 dans S_n appartient une courbe d'intersection I_{n-k} au point P de Q_{n-k}, ces deux courbes ont en commun leurs $n-k-1$ premiers vecteurs normaux et leurs $n-k-2$ premières courbures.*

En éliminant une certaine différence scalaire

$$\underset{n-k}{j_\mu}\left[(i^\omega V'_\omega)^{n-k-1} i^\mu (I^\omega V'_\omega)^{n-k-1} I\right]$$

entre les équations

$$\underset{n-k+1}{j_\nu}\ \underset{n-k-2}{\varphi^\nu} = \underset{n-k-1}{j_\nu}\ \underset{n-k-2}{V^\nu}, \qquad \underset{n-k}{j_\nu}\ \underset{n-k-3}{\varphi^\nu} = \underset{n-k}{j_\nu}\ \underset{n-k-3}{V^\nu},$$

on parvient au théorème II :

---

[1] Bompiani, *loc. cit.*

THÉORÈME II. — *Les $(n-k-1)^{\text{ièmes}}$ courbures de Q_{n-k} et de I_{n-k} ont entre elles les relations*

$$\underset{n-k-1}{k} : \underset{n-k-1}{K} = n-k+1 : n-k,$$

En posant $R_n = S_n$, $k = 1$, on parvient au résultat de Bompiani [1]. Les théorèmes exposés peuvent être généralisés (moyennant quelques hypothèses) aux courbes Q_{n-m+1} sur V_m dans V_n $(m > 2)$ [2]. [Le $(n-m+1)$ vecteur osculateur de Q_{n-m+1} contient la R_m tangente V_m le long de Q_{n-m+1}]. Pour obtenir une équation pour la courbure $\underset{n-k}{k}$ de Q_{n-k} sur V_2 dans V_n, nous emploierons la relation généralisée de Gauss :

$$B^{\alpha\beta\gamma\delta}_{\omega\mu\lambda\nu} K_{\alpha\beta\gamma\delta} = K'_{\omega\mu\lambda\nu} - 2 \sum_{m+1}^{n} {}^{e}\, \underset{e}{h}_{[\omega[\lambda}\, \underset{e}{h}_{\mu]\nu]}$$

(voir le livre cité de M. Schouten p. 198), d'où l'on déduit

$$(2) \qquad -k_p = k_2 - k'_0 = \sum_{3}^{n} {}^{e} \left[(\underset{e}{h}_{12})^2 - \underset{e}{h}_{11}\, \underset{e}{h}_{22} \right],$$

où les k sont les courbures de V_2 dans V_n.

Complétons les vecteurs $\underset{n-k+1}{j^\nu}$ à une congruence orthogonale à V_2 et prolongeons cette V_2 à l'aide de la congruence ainsi obtenue à une V_3. En désignant par $h_{\lambda\mu}$ le second tenseur fondamental (avec des coefficients orthogonaux h_{11}, h_{12}, h_{22}) de V_2 dans V_3, on vérifie aisément les relations suivantes :

$$h_{11} = i^\lambda i^\mu \nabla_\lambda \underset{n-k+1}{j_\mu} = 0, \qquad h_{12} = \underset{2}{i^\mu}\, i^\lambda \nabla_\lambda \underset{n-k+1}{j_\mu} = -\underset{n-k}{k} \cos w,$$

où w est l'angle compris entre $\underset{n-k}{j^\nu}$ et V_2. Les équations (2) et (3) nous donnent le théorème III :

THÉORÈME III :

$$(4) \qquad \underset{n-k}{k^2} \cos^2 w = -k_p = k_p - k_0.$$

Remarque I. — Il y a encore d'autres expressions, que nous avons exposées ailleurs, pour la courbure $\underset{n-k}{k}$.

---

[1] E. BOMPIANI, *Analisi metrica delle quasi-asintotiche sulle superficie degli iperspazi* (*Rendiconti Accad. Lincei*, 5e série, vol. 25, 1916, fasc. 8, p. 493 et 576).

[2] On parvient à l'équation $\underset{n-m}{k} : \underset{n-m}{K} = n-m+2 : n-m+1$.

Remarque II. — Pour $n = 3$ et $k = 1$, on a $\cos\psi = 1$ et l'équation (4) nous donne la généralisation du théorème d'Enneper sur la torsion de la ligne asymptotique dans V_3.

Remarque III. — En se servant des mesures moyennes de courbure $\overset{1}{M}_r$, $\overset{1}{M}_z$, $\overset{1}{M}'$ dans la direction i^{ν} de V_m dans V_{m+1}, dans V_n on parvient à l'équation

$$\frac{1}{m-1} \underset{n-m+1}{k^2} \cos^2\psi = -\overset{1}{M}_r = \overset{1}{M}_z - \overset{1}{M}'$$

pour Q_{n-m+1} sur V_m dans V_n.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les connexions conformes et projectives de M. Cartan et la connexion linéaire générale de M. König.* Note de M. **J.-A. Schouten**, présentée par M. Hadamard.

La théorie des connexions linéaires, telle qu'elle est développée dans mon livre sur le calcul différentiel absolu ([1]), ne permettait pas de traiter d'une manière autonome la géométrie différentielle projective ni la géométrie différentielle conforme, récemment développée par M. Thomsen ([2]).

Or M. Cartan ([3]) a montré qu'on peut généraliser la notion du pseudo-parallélisme que M. Levi-Cività ([4]) et l'auteur ([5]) avaient introduite en 1917 et 1918, de manière qu'il devienne possible de développer des connexions plus générales, qui contiennent comme cas spéciaux les géométries conforme et projective.

Dans une Communication, que j'ai fait présenter à la séance du 31 mai, de l'Académie royale des Sciences à Amsterdam, est démontré le théorème suivant sur la connexion projective, qui est le pendant du théorème de M. Cartan ([6]) sur la connexion conforme :

Étant données les géodésiques d'une connexion affine, il existe une con-

---

([1]) *Der Ricci-Kalkül* (Berlin, Julius Springer, 1924).

([2]) *Abh. Math. Sem. Hamburg*, t. 3, 1923, p. 31-56.

([3]) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 734 et 857; t. 178, 1924, p. 750; *Ann. de l'École Norm. sup.*, t. 40, 1923, p. 325; *Ann. de la Soc. polon. de math.*, 1923, p. 171-221.

([4]) *Rend. Circ. Matem. Palermo*, t. 42, 1917, p. 173-205.

([5]) *Verh. Kon. Akad. v. Wetensch.*, t. 12, n° 6, 1918, 95. p.

([6]) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 858; *Ann. de la Soc. polon.*, 1923, p. 194.

nexion projective et une seule qui a les mêmes géodésiques et dont la grandeur de courbure P_{mli}^{k} *satisfait aux conditions*

$$\sum_k P_{kli}^{k} = 0. (1).$$

Dans cette Communication j'ai employé les méthodes du calcul différentiel absolu, et ces méthodes donnent les relations des recherches de M. Cartan avec les recherches d'autres auteurs. Ces relations ne se trouvent pas explicitement dans les travaux de M. Cartan, car il fait usage d'une notation qui ne possède pas l'invariance du calcul de M. Ricci. Ainsi j'ai montré que les connexions que M. Cartan a utilisées d'une manière si féconde dans les géométries projective et conforme, et qui semblent être d'une toute autre nature que les connexions linéaires définies, par exemple, dans mon livre cité plus haut, sont elles-mêmes des connexions linéaires, quand on prend la définition plus générale que M. König a donnée en 1920 (2). M. König attache à chaque point d'une variété n dimensions à un espace linéaire de m dimensions, $m \geqq n$, et il définit une connexion linéaire par une loi qui permet de raccorder deux de ces espaces infiniment voisins. Ainsi il a indiqué une théorie des connexions linéaires plus générale que la mienne. La méthode de M. König n'a pas rencontré l'intérêt qu'elle méritait, parce qu'il avait donné seulement des applications à la théorie des nombres ($n = 0$), la théorie des fonctions ($n = 1$) et au cas des connexions linéaires ordinaires ($n = m$). Ainsi on n'a pas vu que sa méthode pourrait donner la solution de la question si intéressante pour les fondements de la géométrie : comment est-il possible de fonder la géométrie projective et la géométrie conforme sur une théorie des connexions linéaires?

Ce sont les recherches de Cartan qui nous ont donné la réponse à cette question, et bien que ses connexions nouvelles [en exceptant les connexions des variétés d'éléments dans son dernier travail et la généralisation donnée page 383-390 du travail sur les connexions affines (3)] soient comprises dans la conception générale de M. König, l'indication de la méthode juste pour le développement et la généralisation des géométries conformes et projectives

(1) Dans les épreuves de son dernier travail sur les connexions projectives (*Bull. Soc. math.*), que M. Cartan a bien voulu m'envoyer, j'ai trouvé maintenant le même théorème sous une forme légèrement modifiée.

(2) *Jahresber. d. D. Math. Vereins*, t. 28, 1920, p. 213-228.

(3) *Ann. de l'École Norm. sup.*, t. 40, 1923, p. 383.

est totalement l'œuvre de M. Cartan, qui de plus n'a pas connu le travail de M. König.

Quand on emploie les méthodes du calcul différentiel absolu on trouve immédiatement que les A^{j}_{ikl} d'une connexion conforme de M. Cartan (1) et les $P_{mli}{}^{k}$, mentionnées plus haut, d'une connexion projective, sont respectivement identiques avec les composantes de la courbure conforme et de la courbure projective définie par M. Weyl. Ce fait démontré, il n'est plus nécessaire de donner une preuve de l'invariance des connexions uniquement liées avec une géométrie conforme ou un système de géodésiques, car les courbures conformes (projectives) sont des invariants conformes (projectifs).

Aussi on trouve que le théorème sur la conservation de la courbure et de la torsion, que M. Cartan a démontré pour plusieurs connexions différentes, est dans tous les cas identique avec l'identité de M. Bianchi dans une connexion linéaire de M. König, et dans le cas de la connexion riemannienne ou de la connexion affine aussi avec une combinaison de cette identité et de la « deuxième identité » du tenseur de Riemann-Christoffel (2).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Application de la méthode des approximations successives à un lemme de Weierstrass et à sa généralisation.* Note (3) de **M. R.-H. Germay.**

1. Lemme de Weierstrass. — *Soit la fonction* $F(x_1, \ldots, x_n, z)$ *holomorphe au point* $x_1 = \ldots = x_n = z = 0$ *et dans son domaine. Si*

$$(F)_0 = 0, \qquad \left(\frac{\partial F}{\partial z}\right)_0, \ldots, \left(\frac{\partial^{p-1} F}{\partial z^{p-1}}\right)_0 = 0, \qquad \left(\frac{\partial^p F}{\partial z^p}\right)_0 \neq 0,$$

on a, dans le domaine de zéro,

$$(1) \quad F(x_1, \ldots, x_n, z) = [z^p - b_1(x_1, \ldots, x_n) z^{p-1} - \ldots - b_p(x_1, \ldots, x_n)] K(x_1, \ldots, x_n, z).$$

Les b *et* K *sont holomorphes et* $(b_j)_0 = 0$, $(K)_0 \neq 0$ (4).

---

(1) *Ann. de la Soc. polon.*, 1923, p. 180.

(2) *Ricci-Kalkül*, p. 167 (II, 139).

(3) Séance du 10 juin 1924.

(4) Voir : E. Goursat (*Bull. de la Soc. math. de France*, t. 36, 1908, p. 209) et V. Leclercq (*Mém. de la Soc. Roy. des Sciences de Liége*, 3e série, t. 11, 2e Partie). Cette Note est basée sur la démonstration de V. Leclercq.

La fonction F a, dans le domaine de zéro, le développement

$$(2)\qquad F(x_1, \ldots, x_n, z) = \sum_{k=0}^{k=\infty} A_k(x_1, \ldots, x_n) z^k \qquad \left[A_k = \frac{1}{k!}\left(\frac{\partial^k F}{\partial x^k}\right)_{x=0}\right].$$

Les fonctions $b_j(x_1, \ldots, x_n)$ sont définies par les équations

$$(3)\quad \varphi_j(x_1, \ldots, x_n; b_1, \ldots, b_p) = \sum_{k=0}^{k=\infty} A_k(x_1, \ldots, x_n) \alpha_{kj}(b_1, \ldots, b_p) = 0 \quad (j = 1, \ldots, p),$$

où les α_{kj} se calculent par les formules récurrentes

$$(4)\qquad \alpha_{s+1,1} = \alpha_{s1} b_1 + \alpha_{s2}, \quad \ldots, \quad \alpha_{s+1,p-1} = \alpha_{s1} b_{p-1} + \alpha_{sp}, \qquad \alpha_{s+1,p} = \alpha_{s1} b_p$$

moyennant les valeurs initiales

$$(5)\qquad \begin{cases} \alpha_{01} = 0, \quad \ldots, \quad \alpha_{0,p-1} = 0, \quad \alpha_{0p} = 1; \quad \ldots; \\ \alpha_{p-1,1} = 1, \quad \alpha_{p-1,2} = 0, \quad \ldots, \quad \alpha_{p-1,p} = 0. \end{cases}$$

Les séries (3) convergent dans le domaine de

$$x_1 = \ldots = x_n = b_1 = \ldots = b_p = 0.$$

Posons

$$(6)\qquad \varphi_{kj}(x_1, \ldots, x_n; b_1, \ldots, b_p) = \sum_{\mu=0}^{\mu=2p+k-1} A_\mu(x_1, \ldots, x_n) \alpha_{\mu j}(b_1, \ldots, b_p).$$

Les φ_{kj} tendent uniformément vers les φ_j quand $k \to \infty$. De plus

$$(7)\quad (\varphi_{kj})_0 = (\varphi_j)_0 = 0; \qquad \left[\frac{D(\varphi_{k1}, \ldots, \varphi_{kp})}{D(b_1, \ldots, b_p)}\right]_0 = \left[\frac{D(\varphi_1, \ldots, \varphi_p)}{D(b_1, \ldots, b_p)}\right]_0 = [(A_p)_0]^p \neq 0.$$

Les b_j sont les limites pour $\mu \to \infty$ des suites uniformément convergentes dont les termes se définissent de proche en proche par les formules récurrentes

$$(8)\qquad b_{\mu,j} = b_{\mu-1,j} - \sum_{k=1}^{k=p} \Omega_{kj}[\varphi_{\mu k}]_{b_i = b_{\mu-1}}, \qquad (j = 1, \ldots p),$$

où $b_{0j} = 0$; la signification des Ω_{kj} est immédiate.

2. *Généralisation du lemme de Weierstrass : théorème de V. Leclercq* ([1]). — *Soient*

$$F_j(x_1, \ldots, x_r; y_1, \ldots, y_n) \qquad (j = 1, \ldots, n)$$

([1]) Voir le Mémoire cité de V. Leclercq.

n fonctions s'annulant au point $x_1 = \ldots = x_r = y_1 = \ldots = y_n = 0$, holomorphes en ce point et dans son domaine. Si ces fonctions ont pour $x_1 = \ldots = x_r = 0$ un zéro d'ordre p en $y_1 = \ldots = y_n = 0$, on pourra écrire identiquement, dans le domaine du point zéro, des relations de la forme

$$(9)\qquad F_j = K_{j1} H_1 + \ldots + K_{jn} H_n \qquad (j = 1, 2, \ldots, n),$$

les K étant des fonctions holomorphes de $x_1, \ldots, x_r, y_1, \ldots, y_n$ dont le déterminant est différent de zéro au point zéro et les H des polynomes entiers en $y_1, \ldots, y_n$ de degrés au plus égaux à p et à coefficients holomorphes en $x_1, \ldots, x_r$.

L'auteur démontre son théorème pour un système d'équations $F'_j = 0$ équivalent au système $F_j = 0$. Il résout les équations $F'_2 = 0, \ldots, F'_n = 0$ par rapport à $y_2, \ldots, y_n$ et, appelant $\psi_2, \ldots, \psi_n$ les solutions, il écrit, dans le domaine de zéro :

$$(10)\qquad G(x_1, \ldots, x_r, y_1) = F'_1(x_1, \ldots, x_r; y_1, \psi_2, \ldots, \psi_n),$$

$$(11)\qquad G = (y_1^p - b_1 y_1^{p-1} - \ldots - b_p) K(x_1, \ldots, x_r, y_1) = H_1 K \qquad [(K)_0 \neq 0],$$

$$(12)\qquad \psi_j(x_1, \ldots, x_r, y_1) = \varphi_{j1} y_1^{p-1} + \ldots + \varphi_{jp} + H_1 \lambda_j = \varphi_j + H_1 \lambda_j \quad (j = 2, \ldots, n).$$

En posant $H_j = y_j - \varphi_j$, le système $F' = 0$ est équivalent à

$$(13)\qquad H_1 = 0, \quad H_2 = 0, \quad \ldots, \quad H_n = 0.$$

Les ψ_j sont les limites des suites uniformément convergentes dont les termes se définissent de proche en proche par les formules récurrentes

$$(14)\qquad \psi_{\mu j} = \psi_{\mu-1, j} - \sum_{k=2}^{k=n} \Theta_{kj} [F'_k]_{y_s = \psi_{\mu-1, s}} \qquad (j, s = 2, \ldots, n),$$

où $\psi_{0j} = 0$; le sens des Θ_{kj} est immédiat. Les approximations des dérivées partielles des ψ s'obtiennent par dérivation des formules (14). Nous avons :

$$(15)\qquad \psi_j = \sum_{k=0}^{k=\infty} A_{kj}(x_1, \ldots, x_r) y_1^k, \qquad A_{kj} = \frac{1}{k!} \left(\frac{\partial^k \psi_j}{\partial y_1^k} \right)_{y_1 = 0},$$

$$(16)\qquad \varphi_{js} = \sum_{k=0}^{k=\infty} A_{kj}(x_1, \ldots, x_r) \alpha_{ks}(b_1, \ldots, b_p) \qquad (j = 2, \ldots, p),$$

$$(17)\qquad G(x_1, \ldots, x_n, y_1) = \sum_{k=0}^{k=\infty} g_k(x_1, \ldots, x_r) y_1^k, \qquad g_k = \frac{1}{k!} \left(\frac{\partial^k G}{\partial y_1^k} \right)_{y_1 = 0}.$$

Les $b_1, \ldots, b_p$ sont racines des équations

$$(18)\quad \begin{cases} \Phi_s(x_1, \ldots, x_r; b_1, \ldots, b_p) = \sum_{k=0}^{k=\infty} g_k(x_1, \ldots, x_r)\, a_{ks}(b_1, \ldots, b_p) = 0 \\ (s = 1, \ldots, p). \end{cases}$$

Posons

$$(19)\quad \begin{cases} A_{kj}^{(\mu)} = \frac{1}{k!}\left(\frac{\partial^k \psi_{\mu j}}{\partial y_1^k}\right)_{y_1=0}; \qquad G_\mu = F'_1(x_1, \ldots, x_r; \psi_{\mu 1}, \ldots, \psi_{\mu n}); \\ g_k^{(\mu)} = \frac{1}{\mu!}\left(\frac{\partial^k G_\mu}{\partial y_1^k}\right)_{y_1=0}; \end{cases}$$

$$(20)\quad \varphi_{js}^{(\mu;\lambda)} = \sum_{k=0}^{k=2p+\lambda-1} A_{kj}^{(\mu)} \alpha_{ks}, \qquad \Phi_s^{(\mu;\lambda)} = \sum_{k=0}^{k=2p+\lambda-1} g_k^{(\mu)} \alpha_{ks}.$$

Les approximations des coefficients b de H_1 sont données par les formules récurrentes, analogues aux formules (8) :

$$(21)\quad b_{\mu j} = b_{\mu-1,j} - \sum_{k=1}^{k=p} \Omega_{kj}^{(\mu)} [\Phi_k^{(\mu;\mu)}]_{b_s = b_{\mu-1,s}} \qquad (j, s = 1, 2, \ldots, p),$$

où $b_{0j} = 0$ et celles des coefficients de $H_2, \ldots, H_n$ par les expressions

$$\varphi_{js}^{(\mu;\mu)}(x_1, \ldots, x_r; b_{\mu 1}, \ldots, b_{\mu p}) \qquad (j = 2, \ldots, n).$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les couples de fonctions qui satisfont à une équation algébrique*. Note de M. **Georges J. Rémoundos.**

Nous commençons par une nouvelle notion que nous introduirons. Soit

$$(1)\qquad x_1 = \mathfrak{a}_1(z), \qquad x_2 = \mathfrak{a}_2(z), \qquad x_3 = \mathfrak{a}_3(z), \qquad \ldots, \qquad x_n = \mathfrak{a}_n(z)$$

une suite infinie (illimitée) de fonctions algébroïdes et finies dans le voisinage d'un point $z = a$ et ayant (chacune) un nombre de branches *borné* (inférieur à un nombre fixe).

Nous dirons que la suite (1) *est canonique dans le voisinage de* $z = a$ *s'il existe un rayon* $\rho \neq 0$ (*indépendant du rang* n) *de convergence des développements* (*Tayloriens*) *des systèmes circulaires, autour du point* $z = a$, *des branches de toutes les fonctions* $\mathfrak{a}_n(z)$.

Nous dirons que la même suite est canonique dans un domaine D *si elle est canonique dans le voisinage de tout point de ce domaine.*

Cela posé, nous obtenons les théorèmes suivants :

THÉORÈME I. — Soit

(2) $(x_1 y_1),\quad (x_2 y_2),\quad \ldots,\quad (x_n y_n),\quad \ldots$

une suite de couples de fonctions de z, algébroïdes finies à un nombre de branches borné dans un domaine D et satisfaisant (chaque couple) à une équation

(3) $$f(x, y) = 0$$

de genre supérieur à l'unité. Si la suite des x_i et la suite des y_i sont canoniques dans D toutes les deux, les couples (2) constituent une famille normale; nous entendons par là que, de toute suite de couples (2), on peut extraire une nouvelle suite de couples, convergeant uniformément à l'intérieur de D (1).

THÉORÈME II. — *Si la suite (2) converge en une infinité de points ayant au moins un point-limite à l'intérieur du domaine D, elle converge en tous les points de D et uniformément à l'intérieur de D [on suppose de nouveau que les suites x_n et y_n sont canoniques dans le domaine D].*

THÉORÈME III. — *Considérons la famille (F) des fonctions $x = a(z)$ algébroïdes finies dans le voisinage de $z = 0$ et définies par l'équation*

$$x^\nu + A_1(z)x^{\nu-1} + A_2(z)x^{\nu-2} + \ldots + A_{\nu-1}(z)x + A_\nu(z) = 0,$$

(4) $A_1(z) = a_1 + b_1 z + \ldots,\qquad A_2(z) = a_2 + b_2 z + \ldots,\qquad A_\nu(z) = a_\nu + b_\nu z + \ldots$

où l'un au moins des couples (a_1, b_1), (a_2, b_2), (a_3, b_3), $\ldots$, (a_ν, b_ν) est fixé [donné d'avance]; soit (a_i, b_i) ce couple avec $b_i \neq 0$.

Alors, si les fonctions $x_n(z)$ des couples (2) du théorème I qui satisfont à l'équation (3), appartiennent à la famille (F), la suite des x_n et la suite des y_n ne peuvent être simultanément canoniques dans un cercle (C) de centre origine et de rayon R supérieur à une quantité fixe $q(a_i, b_i)$ ne dépendant que des coefficients a_i et b_i [et nullement des autres coefficients des développements (4)], sauf dans le cas où il n'existe pas, à l'intérieur du cercle (C), de point-limite de l'ensemble des points communs de convergence de la suite des x_n et de la suite des y_n.

Ces théorèmes offrent une grande analogie avec les théorèmes bien connus de Stieltjes, Landau, Vitali, Montel et moi, concernant le cas d'une seule fonction (au lieu du couple) méromorphe ou algébroïde, mais il y a aussi des différences essentielles que l'on peut formuler en disant que les

(1) Il est bien connu que la notion des familles normales est due à M. Montel.

valeurs exceptionnelles ne jouent aucun rôle dans le cas des couples correspondant aux courbes de genre supérieur à un, tandis que dans le domaine des courbes de genre zéro et un et le cas d'une fonction unique on doit envisager des valeurs exceptionnelles (1).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les théorèmes de M. Valiron sur les fonctions entières, et la théorie de l'uniformisation.* Note de **M. A. Bloch**, présentée par M. Hadamard.

La présente Note est le résumé d'un Mémoire dont l'objet est de préciser et de compléter les résultats obtenus dans une Note présentée antérieurement à l'Académie (2).

La Note précédente reposait sur le théorème suivant de M. G. Valiron :

Le domaine riemannien à une infinité de feuillets correspondant à une fonction entière comprend des cercles à un seul feuillet de rayon aussi grand qu'on veut.

La Note actuelle repose sur la généralisation suivante, à laquelle on est conduit en reprenant et resserrant un peu la démonstration de M. Valiron :

Soit

$$f(z) = z + \ldots$$

une fonction holomorphe dans le cercle $|z| < 1$, *s'annulant à l'origine et y ayant une dérivée égale à un : au cercle* $|z| < 1$, *elle fait correspondre un domaine riemannien comprenant un cercle à un feuillet de rayon au moins égal à un certain nombre* δ, *constante absolue* (3).

De là dérive un corollaire :

Les fonctions holomorphes dans un domaine et pour lesquelles le domaine riemannien correspondant n'a que des cercles à un seul feuillet de rayon borné supérieurement pour l'ensemble des fonctions forment une famille normale.

---

(1) Voir à ce sujet E. Picard, *Sur les couples de fonctions uniformes d'une variable correspondant aux points d'une courbe algébrique de genre supérieur à l'unité* (*Rendiconti di Palermo*, t. 33, 1912, p. 5).

(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1593. Errata de cette Note, page 1594, ligne 16, *lire :* il faut *alors* toutefois; ligne 20 : *au lieu* de fixe, *lire :* finie; ligne 26, *lire :* $y^2 + y^5 - 1 = 0$.

(3) Ce théorème se trouve généraliser un résultat établi par M. Landau; ce résultat généralisait lui-même, mais seulement à un certain point de vue, une proposition de M. Kœbe; le théorème du texte apparaît comme la véritable généralisation de la proposition de M. Kœbe.

Le théorème permet d'établir ainsi les propositions classiques de MM. Landau et Schottky. En utilisant, comme dans la Note précédente, la fonction

$$\log \frac{\sqrt{\log u - 2\pi i} - \sqrt{\log u}}{\sqrt{\log u - 2\pi i} + \sqrt{\log u}},$$

on obtient une formule simple pour le rayon d'un cercle, ayant son centre à l'origine, où la fonction

$$u(z) = a_0 + a_1 z + \ldots$$

prend nécessairement les valeurs o et 1.

On peut aussi, au lieu de la fonction précédente, avoir recours à la courbe de genre 1 : $x^3 + y^3 - 1 = 0$, et à son intégrale de première espèce; on retombe (à un coefficient constant près) sur la formule de Hurwitz.

Une démonstration un peu différente du théorème de M. Landau, reposant sur des propriétés de croissance, correspond au paragraphe 4 de la Note citée.

Enfin le théorème actuel permet d'obtenir le théorème établi en 1912 par M. Picard dans les *Rendic. del Circ. Mat. di Pal.*; ici, le fait que le cercle couvert peut être à un seul feuillet est essentiel.

En effet, dans la Note précédente, nous avons remarqué que le domaine riemannien engendré par une intégrale abélienne de première espèce attachée à une courbe de genre plus grand que 1 ne contient que des cercles à un feuillet de rayon borné. Ceci conduit à la proposition suivante :

Soit $f(x, y) = 0$ une courbe algébrique de genre plus grand que 1. Soient

$$x(t) = a_0 + a_1 t + \ldots, \qquad y(t) = b_0 + b_1 t + \ldots$$

deux fonctions satisfaisant à l'équation de la courbe. Ces deux fonctions ne peuvent être toutes deux méromorphes dans le cercle

$$|t| < \frac{M}{\delta} \left| \frac{f'_y(a_0, b_0)}{a_1 Q(a_0, b_0)} \right|,$$

où $Q(x, y)$ est un polynome adjoint arbitraire de degré $m - 3$, m étant le degré de la courbe, où M ne dépend que de la courbe et du polynome adjoint choisi, où δ est une constante absolue.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Intégrales explicites des équations $s=f(x, y, z, p, q)$ de la première classe, qui admettent une intégrale intermédiaire du premier ordre.* Note de **M. R. Gosse**, présentée par M. E. Goursat.

J'ai indiqué dans une Note précédente [1] comment on pouvait obtenir toutes les équations en question, J'en ai obtenu explicitement la forme et l'intégrale grâce au théorème suivant :

Si l'on pose

$$F_1(f)=\frac{\partial f}{\partial u}+f\frac{\partial f}{\partial v}\ldots F_n(f)=F_1\{F_{n-1}(f)\},$$

l'intégrale générale de l'équation

$$F_{n-1}(f)+A_{n-1}(u)F_{n-2}(f)+\ldots+A_1(u)f+vA_0(u)=0$$

s'obtient en éliminant y entre les deux relations

$$v=u_1 l_1(\varphi)+\ldots+u_{n-1}l_{n-1}(\varphi)+u_n\varphi,$$
$$f=\frac{du_1}{du}l_1(\varphi)+\ldots+\frac{du_{n-1}}{du}l_{n-1}(\varphi)+\varphi\frac{du_n}{du}.$$

Les nombres l_i sont $n-1$ fonctions arbitraires de φ, linéairement indépendantes et si la fonction f ne vérifie aucune équation de même forme et d'ordre inférieur, les nombres u_i forment un système fondamental d'intégrales de l'équation différentielle

$$\frac{d^n U}{du^n}+A_{n-1}(u)\frac{d^{n-1}U}{du^{n-1}}+\ldots+A_1(u)\frac{dU}{du}+A_0 U=0.$$

On en conclut sans peine que :

Toutes les équations de la forme

$$s=f(x, y, q),$$

qui admettent un invariant d'ordre supérieur à 2, s'obtiennent en éliminant φ entre les deux relations

$$q=\xi_1(x)l_1(y, \varphi)+\ldots+\xi_{n-1}(x)l_{n-1}(y, \varphi)+\varphi\xi_n(x),$$
$$s=l_1\frac{d\xi_1}{dx}+\ldots+l_{n-1}\frac{d\xi_{n-1}}{dx}+\varphi\frac{d\xi_n}{dx},$$

---

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1680.

et l'intégrale générale d'une équation de cette forme est donnée par la formule

$$z = X(x) + \xi_1(x) \int l_1[y, Y(y)]\, dy + \ldots + \xi_{n+1}(x) \int l_{n-1}(y, Y)\, dy + \xi_n(x) \int Y\, dy,$$

qui généralise celle qu'a donnée Darboux pour les équations de Laplace.

Enfin, *toutes les équations*

$$s = p\,\theta(y, z, q)$$

qui admettent un invariant d'ordre supérieur à 2 *se ramènent par des transformations ponctuelles à celles que l'on obtient en éliminant* φ *entre les deux relations*

$$\frac{s}{p} = 2z\, l(y, \varphi) + m(y, \varphi),$$

$$q = z^2 l(y, \varphi) + z\, m(y, \varphi) + \varphi.$$

Si l'on pose

$$Y' = Y^2 l(y, \varphi) + Y m(y, \varphi) + \varphi,$$

et qu'on désigne par

$$\mu(y, Y, Y') \quad \text{et} \quad \lambda(y, Y, Y')$$

ce que deviennent les expressions

$$m(y, \varphi) + 2l(y, \varphi) \quad \text{et} \quad l(y, \varphi),$$

quand on y remplace φ par sa valeur tirée de l'égalité précédente, l'intégrale générale des équations que nous étudions est donnée par la formule

$$z = Y + \frac{e^{\int \mu(y, Y, Y')\, dy}}{X(x) - \int \left\{ \lambda(y, Y, Y')\, e^{-\int \mu\, dy} \right\} dy}.$$

Ces résultats terminent l'étude des équations

$$s = f(x, y, z, p, q)$$

de la première classe.

RELATIVITÉ. — *Au sujet de la géométrie d'un disque tournant dans un système de Galilée.* Note de M. **André Metz**, présentée par M. Émile Borel.

L'exemple d'un disque tournant dans un système de Galilée a été souvent pris par les auteurs d'exposés de la Relativité pour illustrer le fait que

la géométrie d'un système en mouvement varié (par rapport à un système de Galilée) n'est pas euclidienne.

Mais, alors que certains auteurs affirment que la géométrie du disque n'est pas euclidienne *pour les observateurs liés au disque* (ceux-ci trouvent pour rapport de la circonférence au diamètre un nombre plus grand que π), d'autres prétendent que ce sont les mesures faites *par des observateurs immobiles* (dans le système de référence de Galilée) qui donnent des résultats différents de ceux de la géométrie classique (ces observateurs devraient alors trouver, pour rapport de la circonférence au diamètre, un nombre plus petit que π).

C'est la première solution qui est la vraie.

Supposons en effet un tel disque D en rotation dans un système de Galilée S avec une vitesse circonférentielle v. Si un observateur O, immobile par rapport à S, veut mesurer la longueur de la circonférence de D, il faut qu'il choisisse un grand nombre de points sur cette circonférence et détermine les distances de ces points deux à deux, qu'il additionne ensuite toutes ces distances et passe enfin à la limite. Or, pour avoir chacune de ces distances (suivant la définition de la longueur d'une figure mesurée dans un certain système de référence) il faut qu'il note les positions *simultanées par rapport à* S des points considérés, et mesure ensuite leur distance *dans le système* S. La distance ainsi obtenue n'est donc autre que celle qui sépare deux points d'un certain cercle tracé dans S et de même rayon que D. (La longueur du rayon est vue sans changement par les observateurs de S ou de D. Si l'on passe à la limite, la longueur obtenue est celle de la circonférence, c'est-à-dire $2\pi r$.)

Pour l'observateur O, immobile par rapport au système de Galilée S, la géométrie du disque est donc euclidienne.

Il n'en est pas de même pour un observateur O′ entraîné avec le disque D. En effet, supposons que celui-ci ait amené avec lui des règles graduées très courtes par rapport au diamètre du cercle et de longueur égale à l'unité; mettant ces règles bout à bout le long du pourtour du disque, il le recouvre complètement au moyen de n règles. Si l'observateur O fait de la figure précédente une « coupe à temps constant » (par rapport à S), il trouve précisément la circonférence de longueur $2\pi r$; mais en faisant cette opération il a, comme on le sait, attribué à chacune des petites règles, non pas la longueur unité, mais la longueur plus petite $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$.

Donc

$$n\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = 2\pi r.$$

D'où

$$n = \frac{2\pi r}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}};$$

donc

$$\frac{n}{2r} > \pi.$$

Nous avons jusqu'ici admis implicitement que le disque était plein et sans fissure *à la vitesse considérée*. Le dernier résultat obtenu nous montre que, si un disque de rayon constant passe de l'immobilité à la rotation dans un système de Galilée en gardant le même rayon et en restant sans fissure, *il faut que sa circonférence s'allonge;* et si, au contraire, on assujettit chacun des éléments du pourtour à garder, malgré le mouvement, la même *longueur propre*, il faut que *le disque craque*.

Cette dernière assertion est rendue plus évidente encore par l'exemple suivant :

Considérons une voie circulaire de grand rayon sur laquelle se trouvent un grand nombre n de wagons de longueur unité, attachés ensemble au moyen de liens rigides, sauf le $n^{\text{ième}}$ qui n'est pas attaché au premier, de sorte qu'ils forment une sorte de chaîne ouverte. Malgré cette *ouverture*, leur longueur est telle que. au repos, ils occupent toute la longueur de la voie, de sorte que le $n^{\text{ième}}$ touche le premier.

Mettons le train en marche *instantanément* à la vitesse v sans changement de longueur propre [1] : cela veut dire que le premier et le deuxième wagon se mettent en mouvement *simultanément* (par rapport au premier wagon ayant acquis la vitesse v); que le deuxième et le troisième se mettent en mouvement simultanément (par rapport au deuxième wagon ayant la

---

(1) Cela exige que tous les wagons soient automoteurs et soient mis en marche suivant un horaire prévu, car le mouvement ne peut se transmettre d'un wagon à un autre *instantanément*. En outre, cela exige que tous les wagons soient munis d'un dispositif compensateur de longueur qu'on fait fonctionner suivant un programme préétabli, autrement les wagons ne pourraient garder chacun leur *longueur propre* pendant la mise en marche, celle-ci ne pouvant se faire instantanément d'une extrémité à l'autre du wagon.

vitesse v); etc., jusqu'au $n^{\text{ième}}$. On voit alors qu'il se produit un intervalle entre le $n^{\text{ième}}$ et le premier.

En effet, le phénomène, vu de la voie, produit la même impression que dans le cas d'un train qui se met en marche *instantanément* à une vitesse v sur une voie rectiligne et sans changer de longueur propre ([1]) : par l'observateur de la voie, le mouvement paraît se propager de l'arrière du train vers l'avant — en même temps que se produit la contraction lorentzienne — de sorte que le premier wagon est déjà parti depuis un certain temps *au moment où* (par rapport à la voie) le $n^{\text{ième}}$ se met en marche. A partir de là, l'intervalle entre le $n^{\text{ième}}$ et le premier se maintient si la vitesse v reste la même.

Cet intervalle est, mesuré par rapport à la voie, $n\left(1-\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\right)$; mesuré en unités entraînées avec le train, il est $n\left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}-1\right)$.

De tout ce qui précède résulte que la géométrie d'un système en mouvement varié (par rapport à un système de Galilée) n'est pas euclidienne si l'on se fie aux mesures *intérieures au système*. Ce résultat est important car le *principe d'équivalence* permet de l'étendre au cas des systèmes où règne un champ de gravitation.

ÉLASTICITÉ. — *Sur la torsion des prismes ayant pour base un triangle rectangle.* Note de M. C. **Kolossoff**, présentée par M. P. Appell.

En modifiant d'une manière très simple les formules classiques, données par Barré de Saint-Venant pour la torsion des prismes rectangulaires, on peut obtenir les formules pour la torsion des prismes triangulaires rectangulaires.

([1]) L'instantanéité est supposée établie *par rapport au train à la vitesse* v; la constante de la longueur propre est obtenue par les mêmes artifices que dans la note ([1]). Le mouvement paraît se propager de l'arrière vers l'avant, avec la vitesse $\frac{c}{v^2}$, pour les observateurs de la voie.

La seule différence entre le cas de la voie rectiligne et celui de la voie circulaire est que, dans le premier cas, les wagons partent *ensemble* pour un certain système de Galilée (le système en translation avec une vitesse v), tandis que, dans le second cas, il est impossible de trouver un tel système de Galilée.

Le problème se réduit (¹) à intégrer l'équation aux dérivées partielles

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} = 0 \tag{1}$$

avec la condition que l'on ait autour des sections

$$\Psi = \frac{1}{2}(x^2 + y^2).$$

Pour le rectangle ABCD (de dimensions $AB = 2a$, $BD = 2b$), l'origine étant au centre et les axes parallèles aux côtés, nous avons deux formes équivalentes de la fonction Ψ :

$$\Psi = a^2 + \frac{1}{2}(y^2 - x^2) - 4a^2\left(\frac{2}{\pi}\right)^3 \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(-1)^n}{(2n+1)^3} \cdot \frac{\operatorname{ch}\frac{(2n+1)\pi y}{2a}}{\operatorname{ch}\frac{(2n+1)\pi b}{2a}} \cos\frac{(2n+1)\pi x}{2a},$$

$$\Psi = b^2 + \frac{1}{2}(x^2 - y^2) - 4b^2\left(\frac{2}{\pi}\right)^3 \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(-1)^n}{(2n+1)^3} \frac{\operatorname{ch}\frac{(2n+1)\pi x}{2b}}{\operatorname{ch}\frac{(2n+1)\pi a}{2b}} \cos\frac{(2n+1)\pi y}{2b}.$$

Modifions ces expressions en ajoutant des termes qui s'annulent sur les côtés $BD(x = a)$ et $AB(y = b)$ et en changeant ch en sh, et formons deux fonctions

$$\Psi_1 = a^2 + \frac{1}{2}(y^2 - x^2) - \frac{a}{b}(x-a)(y-b) - 4a^2\left(\frac{2}{\pi}\right)^3 \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(-1)^n}{(2n+1)^3} \frac{\operatorname{sh}\frac{(2n+1)\pi y}{2a}}{\operatorname{sh}\frac{(2n+1)\pi b}{2a}} \cos\frac{(2n+1)\pi x}{2a},$$

$$\Psi_2 = b^2 + \frac{1}{2}(x^2 - y^2) - \frac{b}{a}(x-a)(y-b) - 4b^2\left(\frac{2}{\pi}\right)^3 \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(-1)^n}{(2n+1)^3} \frac{\operatorname{sh}\frac{(2n+1)\pi x}{2b}}{\operatorname{sh}\frac{(2n+1)\pi a}{2b}} \cos\frac{(2n+1)\pi y}{2b},$$

qui satisfont évidemment à l'équation (1) et, sur les côtés BD, AB, prennent la valeur $\frac{x^2 + y^2}{2}$.

(¹) Nous employons les notations de M. Love (*Elasticity*, t. 14, p. 215-225).

Sur la diagonale $AD(ay + bx = 0)$ nous aurons

$$a^2 + \frac{1}{2}(y^2 - x^2) - \frac{a}{b}(x-a)(y-b) = \frac{1}{2}(y^2 - x^2) - \frac{a}{b}xy = \frac{1}{2}(x^2 + y^2),$$
$$b^2 + \frac{1}{2}(x^2 - y^2) - \frac{b}{a}(x-a)(y-b) = \frac{1}{2}(x^2 - y^2) - \frac{b}{a}xy = \frac{1}{2}(x^2 + y^2).$$

Soient λ et μ deux constantes arbitraires; posons

$$(2)\qquad \Psi = \frac{\lambda_1 \Psi + \mu \Psi_2}{\lambda + \mu} = \frac{a^2\lambda + b^2\mu}{\lambda + \mu} + \frac{1}{2}\frac{\lambda - \mu}{\lambda + \mu}(y^2 - x^2) - \frac{a^2\lambda + b^2\mu}{ab(\lambda + \mu)}(x-a)(y-b) - \frac{1}{\lambda + \mu}T,$$

où

$$(3)\qquad T = 4\left(\frac{2}{\pi}\right)^3 \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{(-1)^n}{(2n+1)^3} \left\{ \lambda a^2 \frac{\operatorname{sh}\frac{(2n+1)\pi y}{2a}}{\operatorname{sh}\frac{(2n+1)\pi b}{2a}} \cos\frac{(2n+1)\pi x}{2a} + \mu b^2 \frac{\operatorname{sh}\frac{(2n+1)\pi x}{2b}}{\operatorname{sh}\frac{(2n+1)\pi a}{2b}} \cos\frac{(2n+1)\pi y}{2b} \right\}.$$

Choisissons, si possible, λ et μ de manière qu'on ait

$$(4)\qquad T = 0$$

pour les points sur la diagonale AD. Il est évident que (2) nous donnera la fonction Ψ pour la torsion d'un prisme à section du triangle ABD.

La condition (4) pour $a = b$ est satisfaite par $\lambda = \mu$, car évidemment

$$(T)_{\substack{\lambda=\mu \\ a=b}} = 0 \qquad \text{pour } x = -y$$

et

$$\Psi = -xy + a(x+y) - 2\left(\frac{2}{\pi}\right)^3 a^2 \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(-1)^n}{(2n+1)^3 \operatorname{sh}\frac{(2n+1)\pi}{2}} \times \left[\operatorname{sh}\frac{(2n+1)\pi y}{2a}\cos\frac{(2n+1)\pi x}{2a} + \operatorname{sh}\frac{(2n+1)\pi x}{2a}\cos\frac{(2n+1)\pi y}{2a}\right]$$

donne la solution du problème de torsion pour un triangle rectangle équilatéral [1].

---

[1] On déduit de cette formule les résultats obtenus pour ce cas par des voies différentes, en 1919, par M. B. Galerkine et, en 1920, par M. Trefftz.

Pour satisfaire à (4) quand $a > b$ remarquons que (3) représente la répartition des températures T en équilibre de chaleur dans le rectangle ABCD, si les variations de la température sur les côtés sont [1] :

$$\text{BD}:(x=a)\,\text{T}=\mu(b^2-y^2),\quad \text{AC}:(x=-a)\,\text{T}=\mu(y^2-a^2),$$
$$\text{AB}:(y=b)\,\text{T}=\lambda(a^2-x^2),\quad \text{CD}:(y=-b)\,\text{T}=\lambda(x^2-a^2),$$

et il s'agit de fixer λ et μ de la manière que la ligne isotherme [2] $\text{T}=0$, passant par les points A, O, D, coïncide avec la diagonale AD. Pour $a=b$, $\lambda=\mu$, cette coïncidence est complète et dans le cas général on peut l'obtenir toujours avec une approximation suffisante pour la pratique. En prenant $\lambda=\frac{1}{a^2}$, $\mu=\frac{1}{b^2}$ nous trouverons que la ligne isotherme $\text{T}=0$ est tangente à la diagonale AD aux points A et D et, quand $a-b$ ne surpasse pas $\frac{1}{5}a$ la coïncidence est suffisante pour les besoins pratiques. Les calculs plus détaillés (moment de torsion, lignes topographiques, exemples numériques) seront donnés dans un travail plus étendu.

MÉCANIQUE. — *Flexion finie de l'anneau circulaire comprimé diamétralement.* Note de M. A. **Gros**, présentée par M. Mesnager.

Le problème de l'anneau circulaire comprimé diamétralement par deux forces égales et de sens contraires fournit un nouveau cas intégrable du problème général de l'élastique plane. La compression N croissant continûment de zéro à une certaine valeur critique N_c, l'anneau s'aplatit progressivement tout en restant convexe. Au delà de N_c la convexité a disparu : il y a creusement croissant autour des deux points d'application des compressions jusqu'au moment de l'aplatissement final pour N théoriquement infini. La suite complète des déformations comprend ainsi deux phases géométriquement distinctes caractérisées par la permanence ou la disparition de la forme convexe.

---

(1) Vu qu'on a

$$\alpha^2-\tau^2=4\alpha^2\left(\frac{2}{\pi}\right)^3\sum_{n=0}^{n=\infty}\frac{(-1)^n}{(2n+1)^3}\cos\frac{(2n+1)\pi\tau}{2\alpha},\quad -\alpha<\tau<\alpha.$$

(2) J.-N. Haton de la Goupillière, *Nouvelle théorie générale des lignes isothermes* (*Journal de l'École Polytechnique*, t. 22, 1861, p. 15-112).

Le diamètre des compressions et le diamètre perpendiculaire étant respectivement pris pour axes des x et des y, l'équation $\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0} = \frac{M}{EI}$ de la théorie élémentaire de la flexion plane donne pour l'équation différentielle de la ligne moyenne de l'un quelconque des quatre quadrants identiques qui constituent l'anneau déformé

$$\text{(A)} \qquad \frac{y''}{(1+y'^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{N}{2EI}y - \frac{\mu'}{EI} - \frac{1}{r}.$$

La compression N croissant de zéro à ∞, l'anneau passe par la suite complète de ses déformations de la figure circulaire initiale à l'aplatissement final. L'intégrale de l'équation (A) passe elle-même par quatre formes analytiques différentes successives qui correspondent aux deux phases géométriques de la déformation, savoir : trois formes normales dépendant des transcendantes elliptiques avec intercalation d'une forme de dégénérescence (mod 1). Ces quatre formes successives, auxquelles on a joint la forme qui correspond à la figure critique de l'anneau, sont données dans le tableau ci-dessous en notations de Jacobi :

PREMIÈRE PHASE.

Courbure de signe constant.

De $N = 0$ à N_d, $k = 0$ à $k = 1$.
$$\begin{cases} x = \sqrt{2}\,k\sqrt{\dfrac{EI}{N}}\left[u - \dfrac{2}{k^2}Z(u)\right], \\ y = \dfrac{2}{k}\sqrt{\dfrac{EI}{N}}\left(\sqrt{2}\,\mathrm{dn}\,u - \sqrt{2-k^2}\right); \end{cases}$$

$N = N_d$, $k = 1$ (dégénérescence).
$$\begin{cases} x = \sqrt{2}\sqrt{\dfrac{EI}{N_d}}\left(2 - u - \dfrac{4}{u^2+1}\right), \\ y = \sqrt{2}\sqrt{\dfrac{EI}{N_d}}\left(2\sqrt{2}\,\dfrac{e^u}{e^{2u}+1} - 1\right); \end{cases}$$

De $N = N_d$ à N_e, $k = 1$ à $k = \frac{1}{\sqrt{2}}$.
$$\begin{cases} x = \sqrt{2}\sqrt{\dfrac{EI}{N}}\,[u - 2Z(u)], \\ y = 2\sqrt{\dfrac{EI}{N}}\left(\sqrt{2}\,k\,\mathrm{cn}\,u - \sqrt{2k^2-1}\right). \end{cases}$$

Figure critique.

$N = N_c$, $k = \frac{1}{\sqrt{2}}$.
$$\begin{cases} x = \sqrt{2}\sqrt{\dfrac{EI}{N_c}}\,[u - 2Z(u)], \\ y = 2\sqrt{\dfrac{EI}{N_c}}\,\mathrm{cn}\,u. \end{cases}$$

DEUXIÈME PHASE.

Courbure de signe variable.

De $N = N_c$ à ∞, $k = \frac{1}{\sqrt{2}}$ à $k = 1$.
$$\left\{\begin{array}{l} x = \sqrt{2}\sqrt{\frac{EI}{N}}[u - 2Z(u)], \\ y = 2\sqrt{\frac{EI}{N}}(\sqrt{2}k\,\mathrm{cn}\,u + \sqrt{2k^2 - 1}), \end{array}\right.$$

où l'on a :

r, I, E = respectivement le rayon moyen primitif de l'anneau, le moment d'inertie de la section transversale, le module d'élasticité;

k, u = le module et l'argument elliptique;

N_d = compression correspondant au cas de dégénérescence
$$= \frac{8}{\pi^2}\left(\mathrm{L\,tang}\frac{3\pi}{8}\right)^2\frac{EI}{r^2} = 0{,}62966\ldots\frac{EI}{r^2};$$

N_c = compression correspondant à la figure critique
$$= 2\left[F\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 1, x = \frac{1}{2}\right)\right]^2\frac{EI}{r^2} = 2{,}78641\ldots\frac{EI}{r^2}.$$

La forme intercalaire de dégénérescence appartient à la fois aux deux premières formes normales qui la comprennent, desquelles on la déduit indifféremment en y faisant $k = 1$, et dont elle forme la soudure. La forme critique appartient à la fois à la deuxième et à la troisième forme normale desquelles on la déduit indifféremment en y faisant $k = \frac{1}{\sqrt{2}}$, et dont elle forme la soudure. Ces soudures réalisent la continuité de l'intégrale au travers des transformations successives qu'elle éprouve, continuité qui doit évidemment correspondre à celle du phénomène physique qu'elle représente.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Quelques observations relatives aux effets des torsions permanentes sur les aciers.* Note [1] de M. J. SEIGLE, présentée par M. Rateau.

Les essais se rapportent à des barreaux d'acier de section circulaire.

1° *État des diverses couches cylindriques d'un barreau qui a subi une torsion permanente.* — Lorsqu'on a dépassé la période de torsion élastique d'un bar-

---

(1) Séance du 10 juin 1924.

reau, le retour à un couple de torsion nul laisse, comme on le sait, les couches extérieures en état de torsion de sens opposé à la torsion imposée et laisse au contraire les couches intérieures en état de torsion de même sens que cette torsion imposée : il subsiste donc des efforts de torsion internes, suivant deux sens opposés, dont les moments par rapport à l'axe s'équilibrent.

Une expérience simple permet de mettre ce phénomène en pleine évidence *en plongeant un tel fil dans un acide*, les couches extérieures seront enlevées et les couches intérieures pourront reprendre leur liberté de déplacement; on constate alors que le fil se détord à mesure de son usure par l'acide.

L'expérience va particulièrement vite avec des fils de 2^{mm}; on obtient facilement des détorsions de 30 à 60° sur 100^{mm} de longueur de fil; il suffit pour s'en rendre compte de couder les deux extrémités du fil dans un même plan avant la mise dans l'acide.

2° *Effet d'un recuit à 700° sur un fil d'acier doux ayant subi une torsion permanente.* — Lorsqu'ils ont été soumis à froid à des déformations d'une certaine importance, ni trop faible, ni trop grande, puis à un recuit à température modérée, beaucoup de métaux présentent une cristallisation grossière; c'est le cas de l'acier doux, quand la température de recuit est de l'ordre de 700-750°.

Si l'on soumet à un tel recuit des barreaux d'acier doux qui ont subi des déformations permanentes par torsion, une cristallisation à très gros grains de ferrite apparaît dans une certaine couche cylindrique pour laquelle l'importance des déformations a juste atteint la valeur la plus favorable; son rayon est d'autant plus faible que la torsion a été poussée plus loin. Immédiatement à l'intérieur de cette couche, et sans transition, les grains de ferrite ont leur grosseur normale; à l'extérieur, les grains sont anormalement gros, mais cependant beaucoup moins que dans la couche critique.

Tous ces gros grains sont d'ailleurs différemment orientés, comme sens de cristallisation; on s'en rend compte en cherchant à les colorer après qu'on a fait apparaître leurs contours par l'attaque à l'acide picrique (coloration par le perchlorure de fer, ou coloration par oxydation superficielle en chauffant légèrement à l'air) : chaque grain prend une teinte à peu près uniforme, plus ou moins différente de celle des grains voisins.

3° *Déformations d'une génératrice par torsion, puis par détorsion.* — Si l'on trace sur un barreau cylindrique recuit une génératrice de repère, la torsion la transforme en une hélice, et à une certaine longueur l de la

droite initiale correspond une longueur L d'arc d'hélice; on peut dire en un certain sens qu'il y a eu un allongement absolu $L - l$ des éléments de la droite initiale.

En poussant la torsion jusqu'à la rupture, on a formé ainsi une hélice à pas très serré, par exemple 6 à 7^{mm} pour un barreau d'acier doux de 5^{mm} de diamètre; l'allongement dont il est question ci-dessus, évalué en pour 100, a une valeur très élevée, 160 à 180 pour 100.

Un tel barreau, soumis à une torsion de sens inverse, ne peut pas être entièrement détordu; il casse avant que l'hélice ne soit revenue à la ligne droite; mais, en poussant la torsion du début moins loin (par exemple jusqu'à un pas de 40 à 30^{mm}; soit 7 à 12 pour 100 d'allongement), on redresse très bien l'hélice. On pourrait dire que les éléments de cette hélice ont subi dans cette deuxième opération un raccourcissement égal à l'allongement imposé par la première opération; mais une telle manière de s'exprimer serait évidemment choquante, il y a eu simplement des glissements; le phénomène me paraît cependant de nature à mieux faire comprendre que des déplacements par déformation permanente sont des changements de position pour lesquels les expressions d'allongement et de contraction ou raccourcissement n'ont plus le même sens que pour les déformations élastiques.

4° *Allongement de la longueur d'un barreau soumis à froid à une torsion dépassant la limite élastique.* — La torsion d'un barreau de section uniforme n'introduit aucune force dirigée suivant la direction de l'axe; pendant la torsion élastique l'observation ne montre aucun changement de longueur.

Il n'en est pas de même quand on a dépassé beaucoup le couple de torsion élastique limite; le barreau s'allonge à mesure que les torsions se poursuivent; en opérant avec des fils de 5^{mm} de diamètre, on arrive ainsi à une augmentation de longueur d'environ 2,5 pour 100 avec un acier doux et 1 pour 100 avec un acier à 80^{kg}.

Si l'on exerce des efforts de traction, même modérés (10 à 15^{kg} par millimètre carré) en même temps que des efforts de torsion qui dépassent la torsion élastique, ces allongements en longueur deviennent bien plus importants.

5° *Raccourcissement d'un barreau soumis à chaud à des torsions permanentes.* — Il se passe le phénomène inverse du précédent, le barreau gonfle très fortement et par conséquent se raccourcit dans la partie chauffée.

En opérant par exemple vers 700-750°, sur une longueur quelconque d'un fil d'acier doux de 5^{mm} de diamètre (dont le moment de torsion élastique limite à froid est d'environ $45^{kg/cm}$), le fil s'enroule en quelque sorte

sur lui-même dans la partie chauffée; l'effort de torsion reste presque constant, à une valeur de 10 à 15$^{\text{kg:cm}}$ selon la température; on peut imposer ainsi une centaine de tours de torsion par centimètre de longueur chauffée; le diamètre se trouve peu à peu augmenté de $0^{\text{mm}},7$ à 1^{mm}, ce qui fait une augmentation de section allant jusqu'à 40 pour 100.

Le barreau finit par casser, soit dans une région intermédiaire entre la partie chauffée et la partie non chauffée, région assez peu tordue, où la température paraît avoir été un peu supérieure au bleu; soit vers le milieu de la partie chaude qui a subi les torsions les plus fortes.

Le moindre effort de traction (2 à 3 kg : mm²) exercé en même temps qu'on fait les torsions, amène un grand allongement, puis assez vite, provoque la rupture.

6° *Viscosité des déformations permanentes par torsion.* — Un des caractères habituels du dépassement de la limite élastique par traction, flexion ou torsion, quand on observe les phénomènes avec une machine où les efforts equilibrés sont lus à un manomètre ou à un cadran, est que la charge ou le moment imposés s'abaissent immédiatement dès qu'on cesse de manœuvrer la machine; ce phénomène doit être attribué à une certaine viscosité du métal; il faudrait opérer avec une lenteur extrême pour éviter ce phénomène.

Quand on opère à chaud, la viscosité devient évidemment beaucoup plus grande. Par exemple, en opérant par torsion vers 700-750° sur un barreau de 5^{mm} de diamètre, on constate que, tant qu'on tourne la manivelle de la machine, le moment reste à peu près fixe dans un très grand intervalle d'amplitude des torsions (10 à 15 kg : cm selon la température); mais, dès qu'on cesse de tourner, le moment de torsion tombe extrêmement vite à moins de la moitié de sa valeur, et il revient petit à petit à zéro.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *L'induction électrodynamique et électromagnétique dans les milieux continus en mouvement.* Note [1] de M. **Louis Roy**, transmise par M. L. Lecornu.

Soient $\frac{\mathfrak{A}^2}{2}$ et ε' les constantes fondamentales des actions électrodynamiques et magnétiques, (F, G, H) le potentiel vecteur électrique, (Φ, Ψ, Ω) le potentiel vecteur magnétique, de sorte que le potentiel vecteur total

[1] Séance du 10 juin 1924.

$(\mathcal{F}, \mathcal{G}, \mathcal{H})$ est

$$\mathcal{F} = \frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}} F + \sqrt{\varepsilon'}\Phi, \quad \ldots;$$

la force électromotrice totale d'induction $(\mathcal{E}_x, \mathcal{E}_y, \mathcal{E}_z)$ au point M (x, y, z) où la vitesse est (a, b, c) a été donnée par Helmholtz, soit

(1) $$\mathcal{E}_x = -\frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}}\left(\frac{\partial \mathcal{F}}{\partial t} + \frac{\partial |a\mathcal{F}|}{\partial x} - \frac{\mathfrak{B}_y c - \mathfrak{B}_z b}{\sqrt{\varepsilon'}}\right), \quad \ldots,$$

en posant

(2) $$\mathfrak{B}_x = -\sqrt{\varepsilon'}\left(\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial y} - \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial z}\right), \quad \ldots.$$

Le potentiel vecteur magnétique a la même forme pour un système en repos ou en mouvement; mais nous allons voir qu'il n'en est plus de même du potentiel vecteur électrique, par suite de l'introduction des courants de convection [1].

Si l'on reprend les calculs conduisant aux expressions de F, G, H, en cessant d'y faire figurer la constante de Helmholtz que nous avons reconnu être nulle [2], on obtient tout d'abord

(3) $$2F(x, y, z, t) = \int (f' + |f'\alpha|\alpha)\frac{d\varpi}{r} + \int (\mathfrak{f}' + |\mathfrak{f}'\alpha|\alpha)\frac{dS}{r}, \quad \ldots,$$

f', g', h' désignant les composantes suivant $Oxyz$ de la densité du courant total en un point $M'(x', y', z')$ d'un des corps continus et relative aux axes principaux de dilatation en $M(x, y, z)$; $\mathfrak{f}'$, $\mathfrak{g}'$, $\mathfrak{h}'$ les composantes suivant $Oxyz$ de la densité du courant de convection en un point M' d'une surface séparative et relative aux mêmes axes principaux; r la distance MM'; α, β, γ les cosinus directeurs de $\overline{MM'}$; x', y', z' les variables d'intégration.

D'après leur définition, les courants de conduction et de polarisation sont indépendants des axes de référence, mais il n'en est pas de même des courants de convection, de sorte que le courant total (f', g', h') en M' relatif aux axes principaux de dilatation en M ne coïncide pas avec le courant total $(\mathfrak{u}', \mathfrak{v}', \mathfrak{w}')$ au même point M', mais relatif aux axes $Oxyz$. On reconnaît alors qu'on a

(4) $$\begin{cases} f' = \mathfrak{u}' + [-a + (y' - y)\omega_3 - (z' - z)\omega_2](e' + E'), & \ldots; \\ \mathfrak{f}' = [a' - a + (y' - y)\omega_3 - (z' - z)\omega_2](\sigma' + \Sigma'), & \ldots, \end{cases}$$

---

(1) Voir *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1693.

(2) L. Roy, *Sur l'Électrodynamique des milieux homogènes et isotropes en repos* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1229).

les accents se rapportant toujours au point M′ et $(\omega_1, \omega_2, \omega_3)$ étant la rotation moyenne par unité de temps en $M(x, y, z)$.

Ainsi, par suite de l'introduction des courants de convection, ces composantes sont non seulement fonction de t, x', y', z', mais aussi de x, y, z.

Moyennant (4), (3) s'écrit

$$2\,F = \int \Big\{ 2\,\frac{\mathfrak{u}' - (e' + E')a}{r} + \left(-\omega_3 \frac{\partial r}{\partial y} + \omega_2 \frac{\partial r}{\partial z} \right)(e' + E')$$
$$- [\mathfrak{u}' - (e' + E')a] \frac{\partial^2 r}{\partial x^2} - [\mathfrak{v}' - (e' + E')b] \frac{\partial^2 r}{\partial y\,\partial x} - [\mathfrak{w}' - (e' + E')c] \frac{\partial^2 r}{\partial z\,\partial x} \Big\} d\varpi$$
$$+ \text{intégrale de surface analogue},$$

....,

soit encore

$$(5)\quad \begin{cases} 2\,F(x, y, z, t) = \Delta \mathfrak{U} - \dfrac{\partial}{\partial x} \left| \dfrac{\partial \mathfrak{U}}{\partial x} \right| \\ \qquad - a\,\Delta \mathfrak{S} + a \dfrac{\partial^2 \mathfrak{S}}{\partial x^2} + b \dfrac{\partial^2 \mathfrak{S}}{\partial y\,\partial x} + c \dfrac{\partial^2 \mathfrak{S}}{\partial z\,\partial x} - \omega_3 \dfrac{\partial \mathfrak{S}}{\partial y} + \omega_2 \dfrac{\partial \mathfrak{S}}{\partial z}, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \end{cases}$$

en posant

$$(6)\quad \begin{cases} (\mathfrak{U}, \mathfrak{V}, \mathfrak{W}) = \displaystyle\int (\mathfrak{u}', \mathfrak{v}', \mathfrak{w}')\,r\,d\varpi + \int (\sigma' + \Sigma')(a', b', c')\,r\,dS, \\ \mathfrak{S} = \displaystyle\int (e' + E')\ \ r\,d\varpi + \int (\sigma' + \Sigma')\,r\,dS. \end{cases}$$

On voit que le potentiel vecteur électrique s'exprime au moyen des quatre potentiels directs (6), dont le dernier $\mathfrak{S}$ se rattache très simplement au potentiel électrique V du système.

On déduit alors de (5) et (6)

$$\Delta F - \frac{\partial}{\partial x} \left| \frac{\partial F}{\partial x} \right| = -4\pi(u + \mathfrak{v}) + \frac{\partial^2 V}{\partial t\,\partial x} + a \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + b \frac{\partial^2 V}{\partial y\,\partial x} + c \frac{\partial^2 V}{\partial z\,\partial x}$$
$$- \frac{\partial a}{\partial y} \frac{\partial V}{\partial y} - \frac{\partial a}{\partial z} \frac{\partial V}{\partial z} + \mathcal{L}, \qquad \ldots,$$

$\mathcal{L}$, $\mathfrak{M}$, $\mathfrak{N}$ étant des fonctions uniquement constituées au moyen de la fonction $\mathfrak{S}$ et des six composantes de la déformation par unité de temps en M; elles s'annulent si le mouvement du système s'effectue sans déformation.

Enfin, d'après (1) et (2), la force électromotrice totale induite dans un circuit fermé peut s'écrire

$$\mathcal{E} = - \frac{\dfrac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}}}{\sqrt{\varepsilon'}} \frac{d}{dt} \int |\,\mathfrak{H}_x \alpha\,|\,dS,$$

l'intégrale étant étendue à la surface du circuit; de sorte qu'en appelant *induction magnétique* le vecteur $\mathcal{B}$, on retrouve la loi fondamentale que Hertz avait admise comme un fait d'expérience.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Extension de quelques résultats de la théorie cinétique des gaz*. Note de M. Y. **Rocard**, présentée par M. Hadamard.

Les problèmes les plus généraux qu'on peut se poser en théorie cinétique sont impossibles à traiter en toute rigueur : aussi prend-on soin de se placer dans des hypothèses permettant de négliger à coup sûr les phénomènes qui échappent à notre analyse. Si l'on veut d'autre part traiter ces problèmes sans spécifier la loi d'interaction moléculaire, ces hypothèses sont extrêmement restrictives : nous nous proposons de montrer que, moyennant une restriction sur la forme de la loi d'interaction, restriction que l'expérience montre parfaitement justifiée, on peut étendre d'une part la théorie des chaleurs spécifiques C_v des gaz, et d'autre part l'analyse des chocs moléculaires de Boltzmann (qui jusqu'ici n'étaient faites que dans un gaz suffisamment dilué pour que l'on ait $PV = RT$) à un gaz suffisamment comprimé pour que son équation d'état prenne la forme $PV = RT\left[1 + \lambda \frac{b}{v}\right]$, λ étant une fonction de T : nos corrections seront précisément du même ordre que $\lambda \frac{b}{v}$.

Chapman a publié (¹) un travail où il établit la formule de Sutherland $\eta = \frac{A\sqrt{T}}{1 + \frac{S}{T}}$ en ne considérant parmi les « rencontres » des molécules deux à deux que celles qui aboutissent à un véritable « choc ». La confirmation expérimentale vraiment surprenante de cette formule nous conduit donc à ce résultat que la seule quantité importante est le potentiel de 2 molécules accolées, et que la loi de force $f(r)$ reste jusqu'à un certain point arbitraire (conduisant, à l'approximation de Chapman, à la même forme de variation). Pour expliquer la légitimité de son résultat, nous sommes même *obligés* de supposer que $f(r)$ s'annule très vite quand r croît [les forces d'attraction que fait prévoir l'atome « cubique » de Landé présentent d'ailleurs bien ce caractère]. *Nous supposons* $f(r) \equiv 0$ *pour* $r > \alpha\sigma$, σ étant

(¹) *Philosophical Transactions*, vol. A. 216, 1916, p. 279.

le diamètre moléculaire et α un nombre $\geqq 1$. J'ai montré dans un travail récent que $f(r)$ étant donné, l'étude de la compressibilité du gaz détermine α qui se trouve être assez petit, circonstance qui permettra d'étendre à des pressions assez fortes les résultats que nous allons donner.

I. *Théorie de la chaleur spécifique c_v des gaz.* — Le nombre de couples de molécules dont la distance des centres varie de r à $r + dr$ est

$$(1) \qquad dn = \frac{2\pi N^2 r^2 e^{-2h\chi(r)}}{v} dr, \qquad \chi(r) = \text{potentiel à la distance } r.$$

Si l'on chauffe de δT sous volume constant, ce nombre varie de

$$(2) \qquad \delta\, dn = \frac{N\chi(r)}{RT} \cdot \frac{2\pi N^2 r^2}{v} e^{-2h\chi(r)}\, dr\, \delta T.$$

Pour écarter ces molécules il a fallu fournir un certain travail $\delta d\mathfrak{C}$. Intégrant par rapport à r, divisant par δT et par 3, et ajoutant à la dérivée de l'énergie de chaque degré de liberté dans la théorie classique, nous aurons c_v. La loi de force $f(r)$ générale constamment décroissante conduit à une contradiction, car d'après (2) on a $\frac{\delta\, dn}{\delta T} < 0$ quel que soit r, tandis que, les molécules se conservant, $\int^{r_\infty} \delta\, dn = 0$: c'est que, pour r assez grand, il y a contradiction à ne considérer que l'action de 2 molécules, ce que suppose (1). Au contraire, avec une loi de force $f(r) \equiv 0$ pour $r > d\sigma$ il suffit de supposer que les molécules $\delta\, dn$ ont été portées à une distance $r > \alpha\sigma$. En multipliant $\delta\, dn$ par $\chi(r)$ et en intégrant de $r = \sigma$ à $r = \alpha\sigma$, on a le travail nécessaire (employé à écarter les couples de molécules voisines) pour respecter la distribution de Boltzmann quand on passe de T à $T + \delta T$, d'où la chaleur spécifique. Les intégrales s'effectuent en supposant $f(r) = \text{const.}$ pour $\sigma \leqq r \leqq \alpha\sigma$. En me servant des résultats établis par l'étude de la compressibilité, je trouve pour les corps dits « normaux » les résultats numériques suivants [n = nombre de degrés de liberté pour la molécule] pour c_v rapporté à une molécule-gramme à l'état critique :

α.....	2.	2,5	3.	4.	5.
c_v.....	$n + 13{,}2\frac{b}{v_c}$	$n + 27\frac{b}{v_c}$	$n + 38\frac{b}{v_c}$	$n + 54\frac{b}{v_c}$	$n + 74\frac{b}{v_c}$

C'est je crois la première fois qu'on envisage ce genre d'explication des variations de c_v avec la température ; il serait peut-être nécessaire de tenir compte de l'énergie d'oscillation des atomes dans la molécule qui, elle, est en relations avec la théorie des quanta.

II. *Analyses des chocs moléculaires dans un gaz comprimé.* — Le nombre des chocs deux à deux est évidemment proportionnel à $4\pi\sigma^2$, surface d'une molécule si le gaz est très dilué; sinon, il faut raisonner sur ce qu'on appelle les « surfaces libres », et remplacer dans l'analyse générale de Boltzmann l'angle solide $d\Omega$ par $\mathrm{K}\,d\Omega$, K désignant le rapport :

$$\mathrm{K} = \frac{\text{surface libre sur la sphère de protection d'une molécule}}{\text{surface libre d'une sphère de rayon égal placée au hasard dans le gaz}}.$$

On remarque comme précédemment que, dans le cas le plus général, les formules de première approximation conduisent à des contradictions, tandis que la loi de force précédente permet de conserver ces mêmes formules, qui conduisent à :

$$\mathrm{K} = \frac{1 - e^{\frac{c\mathrm{T}_c}{\mathrm{T}}} \int_{\sigma}^{\alpha\sigma} \left[1 - \frac{1}{2} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\theta_0} e^{-2h\chi(\rho)} \cos\theta \, d\theta \right] \frac{4\pi n r^2}{\rho} e^{-2h\chi(r)} dr}{1 - \int_{0}^{\alpha\sigma} \left[1 - \frac{1}{2} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\theta_0} e^{-2h\chi(\rho)} \cos\theta \, d\theta \right] \frac{4\pi n r^2}{\rho} dr}.$$

On pose

$$e^{-2h\chi(\sigma)} = e^{\frac{c\mathrm{T}_c}{\mathrm{T}}}, \qquad \rho^2 = r^2 + \sigma^2 - 2r\sigma\cos\theta,$$

$$\theta_0 = \arcsin\frac{r}{2\sigma} \quad \text{si} \quad r < 2\sigma \quad \text{et} \quad \theta_0 = \frac{\pi}{2} \quad \text{si} \quad r \geqq 2\sigma.$$

Les corrections correspondantes s'ensuivent pour la fonction de distribution, pour les coefficients de viscosité, de diffusion, de conductibilité thermique. On trouve, en particulier pour le coefficient de viscosité,

$$\eta_v = \eta_\infty : 1 + \beta\frac{b}{v},$$

β étant une fonction de T négative pour $\mathrm{T} < \mathrm{T}_1$ et positive pour $\mathrm{T} > \mathrm{T}_1$, T_1 étant une certaine température caractéristique du gaz. Pour T infini, $\beta = \frac{5}{8}$: telle serait la correction pour un gaz formé de sphères élastiques ne s'altérant pas. Les intégrales s'effectuent si l'on suppose $f(r) = \text{const.}$ pour $\sigma \leqq r \leqq \alpha\sigma$: des calculs numériques seront donnés ultérieurement.

Dans le cas simple où l'on suppose $\alpha - 1$ tendant vers zéro, c restant fini, il vient

$$\beta = 2 - \frac{11}{8} e^{\frac{c\mathrm{T}_c}{\mathrm{T}}}.$$

La température T_1 est alors égale à $3,25 T_c$ (T_c température critique). Pour CO^2 à 31°, la pression passant de 60 à 70^{atm}, cette formule simplifiée donne pour η un accroissement de 10 pour 100, l'expérience donnant 13 pour 100 (*Recueil de Constantes*) : c'est bien l'ordre de grandeur.

OPTIQUE. — *Sur la répartition de l'énergie dans le spectre d'un arc au mercur*
Note de **M. G. Athanasiu.**

Ayant été conduit à mesurer directement, par la pile thermo-électrique, les quantités d'énergie transportées par les radiations d'un arc au mercure, j'ai cherché si l'énergie des raies appartenant à une même série subit des variations semblables quand on fait varier le régime de cet arc. Ces mesures directes d'énergie permettent d'étudier aussi le rapport $\left[\frac{I(\lambda)}{I(\lambda')}\right]$ entre les intensités de deux radiations différentes (λ, λ') du spectre visible ou non.

Les expériences ont porté sur les raies et les groupes de raies suivants :

Raie λ5460,74	Groupe λ3650,63	Groupe λ3021,27
» 4358,34	» 3125,31	» 2652,55
» 4046,56	» 2967	» 2534 (¹)

qui constituent respectivement le premier triplet de la série fine (II. S. S., $m = 1$), le premier triplet de la série diffuse (I. S. S., $m = 2$) et le deuxième triplet de la même série (I. S. S , $m = 3$). En fait les groupes de raies donnés comme appartenant à la série diffuse contiennent chacun une raie, celle de plus grande longueur d'onde, qui ne fait pas partie de cette série. J'ai mesuré aussi le groupe des raies jaunes λ5769-90.

Appareils et méthode de mesure. — L'énergie des radiations a été mesurée à l'aide d'une pile thermo-électrique reliée à un galvanomètre.

Comme séparateur de radiations j'ai employé un dispositif à optique en quartz et dont l'appareil dispersif était un couple Gouy-Thollon de deux prismes de 30° qui étaient les deux moitiés, droite et gauche, d'un prisme de Cornu. Les tirages des collimateurs étaient réglés pour chaque radiation séparément. Les fentes étaient d'ouverture égale ($0^{mm},25$). Les soudures de la pile étaient placées à 2^{mm} derrière la deuxième fente. Pour les radiations ultraviolettes la mise au point obtenue par le calcul était vérifiée à l'aide d'écrans fluorescents. On mettait au point sur la fente toujours la même région de l'arc lumineux située à 1^{cm} environ de l'anode.

(¹) L'énergie de ce dernier terme du triplet n'a pu être mesuré à cause de la proximité de la forte raie diffuse λ2536,52.

Les mesures se reportent à une lampe Hæreus à enveloppe en quartz dont on empêchait le refroidissement trop rapide en l'enfermant dans une boîte de petites dimensions. En maintenant le courant constant à 3,75 ampères la tension aux bornes de la lampe montait lentement depuis 25 volts jusqu'à 80 volts. Vers 80 volts le régime de la lampe devenait instable et si on laissait encore monter la tension la lampe s'éteignait.

En mettant au point le séparateur pour une radiation déterminée on suivait la variation de l'énergie, transportée par cette radiation, avec le régime de la lampe entre 100-300 watts.

Une partie des résultats obtenus est résumée dans le tableau suivant qui donne pour chaque radiation et pour des régimes [i (ampères) $\times$ e (volts)] différents de la lampe les déviations en millimètres sur l'échelle du galvanomètre relié à la pile.

	Déviations en millimètres pour les radiations de longueur d'onde :								
$i \times e$.	5790.	5460.	4358.	4046.	3660.	3131.	3025.	2967.	2652.
3,75 30.....	12	27	»	16	18	13	»	»	»
40.....	44	55	50	30	50	37	16	8	8
50.....	92	96	88	52	104	72	32	16	15
60.....	152	146	130	75	175	120	56	27	28
70.....	224	200	180	104	258	175	84	40	41
80.....	316	259	232	136	339	230	111	54	55

Le deuxième tableau donne les rapports $\frac{I(\lambda)}{I(\lambda')}$ entre les intensités de deux radiations (λ, λ') de la même série; ces rapports sont obtenus à partir des nombres contenus dans le tableau précédent.

$i \times e$.	$\frac{I(4358)}{I(5460)}$.	$\frac{I(4046)}{I(5460)}$.	$\frac{I(3660)}{I(3025)}$.	$\frac{I(3131)}{I(3025)}$.	$\frac{I(2967)}{I(3025)}$.	$\frac{I(2652)}{I(3025)}$.
3,75 40........	0,91	0,54	3,12	2,31	0,50	0,50
50........	0,92	0,54	3,25	2,25	0,50	0,47
60........	0,89	0,51	3,12	2,14	0,48	0,50
70........	0,90	0,52	3,07	2,08	0,48	0,49
80........	0,89	0,52	3,05	2,07	0,49	0,49

Conclusions. — De la considération des deux tableaux précédents on dégage nettement les conclusions suivantes :

1° *Les courbes d'énergie des raies appartenant à une même série ont la même allure générale.*

2° *Le rapport entre les intensités de deux raies d'une même série reste sensiblement constant quand on fait varier le régime de la lampe entre les limites que j'ai étudiées* (100-300 *watts*).

Cette règle est vérifiée pour le premier triplet de la série fine avec des

écarts à la valeur moyenne du rapport qui ne dépassent pas l'erreur expérimentale (3 pour 100) (¹). Pour les groupes de raies appartenant à la série diffuse les écarts sont un peu plus grands; ce qui pouvait se prévoir. En effet, comme je l'ai rappelé, chacun de ces groupes contient une raie qui n'appartient pas à la même série (²). Il faut donc s'attendre à ce que les rapports concernant le groupe λ3125-31, qui contient la raie étrangère la plus intense par rapport au groupe, s'écarte le plus de la règle énoncée. C'est justement ce que donnent nos mesures (deuxième tableau, colonne 4).

3° *Pour deux raies appartenant à des séries différentes, le rapport des intensités varie dans les grandes limites avec le régime de l'arc et peut même être inversé*, car les courbes d'énergie de ces raies peuvent se couper. Ainsi la courbe d'énergie du groupe des raies λ 3660 coupe celles des raies λ 5460 et λ 4358. La courbe correspondant au groupe des raies jaunes λ 5769,90 montre une ascension très rapide avec la puissance, elle coupe celles des radiations λ 5460, 4358 et 4046. Le rapport de l'intensité du groupe jaune à celle de la raie verte λ 5460 passe, pour la lampe que j'ai étudiée, de la valeur 0,5 pour 100 watts à 1,25 pour 300 watts.

SPECTROSCOPIE. — *Études quantitatives sur les spectres d'absorption infrarouges des corps organiques.* Note de M. **Jean Lecomte**, présentée par M. A. Cotton.

Dans deux Notes précédentes (³), nous nous sommes occupé des relations entre la place des bandes dans le spectre et la constitution chimique. Si l'on examine maintenant la grandeur des pouvoirs absorbants mesurés, on peut donner les indications suivantes :

A. *Corps à une fonction.* — Les fonctions se laissent classer sommairement d'après les opacités qu'elles conditionnent. Certains composés s'étudient, entre 1µ et 14µ, sous des épaisseurs de l'ordre du dixième de millimètre, comme les carbures saturés et acétyléniques, les carbures benzéniques et cyclohexaniques. L'apparition de certains groupements tels que O (dans

(¹) La constance des rapports entre les intensités des trois raies appartenant au spectre visible λ 5460, 4358, 4046 confirme le résultat que Küch et Retschinsky avaient obtenu par une méthode photométrique (*Ann. der Physik*, t. 20, 1906, p. 536).

(²) Ces raies sont : λ 3663,28, 3131,84, 2967,52, 3027,48 et 2655,13; elles peuvent être classées toutes dans une même série de combinaison $1p - Dm$ (Fowler).

(³) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1530 et 1698.

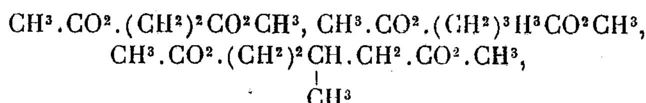
les éthers-oxydes par exemple), OH, CO, CO^2, $= C = C =$, oblige l'examen sous des épaisseurs du centième de millimètre. Exemples : alcools, aldéhydes, cétones, éthers sels. Des homologues possèdent des opacités du même ordre : alcool méthylique et alcool octylique par exemple, ou bien acétate de méthyle et acétate d'amyle d'une part, et valérianate d'amyle d'autre part. Des indices d'extinction voisins s'observent également pour des isomères (série grasse et série benzénique).

B. *Corps à plusieurs fonctions.* — Considérons d'abord le cas plus simple où une même fonction entre plusieurs fois dans la composition d'un corps : la répétition de ces fonctions ne rend pas les bandes plus intenses, leur effet n'est pas additif. Les indices d'extinction des monoalcools et des triols, des acétates et des triacétines, des éthers formés par les monoacides et les diacides ont des ordres de grandeur analogues.

Entre les maxima d'absorption, l'allure de la courbe de transmission dépend, au premier chef, de l'écartement relatif des groupements.

1° Si les deux fonctions identiques sont voisines, les régions d'opacité se marquent par de fortes dépressions dans les courbes de transmission, et les maxima se laissent bien définir, parce que entre eux se placent des zones de transparence relativement grandes. Si au contraire, ces groupements sont éloignés, les régions intermédiaires sont, elles aussi, absorbées. Les bandes s'élargissent et finissent par se rejoindre. D'ailleurs la grande opacité de ces régions rend l'examen de ces corps pénible et les résultats ne sont pas proportionnés au travail requis pour les obtenir.

Exemple : l'oxalate d'éthyle $C^2H^5.CO^2.CO^2.C^2H^5$ présente des bandes très bien marquées et très fortes à $7^\mu,76$ et $8^\mu,70$, alors que les malonates d'éthyle et de méthyle, $CH^3.CO^2.CH^2.CO^2.CH^3$ et $C^2H^5.CO^2.CH^2.CO^2.C^2H^5$, donnent seulement une bande très large entre 7^μ et 9^μ. Si l'on continue à écarter les carboxyles, en étudiant le succinate, le glutarate et le β-méthyladipate de méthyle de formules :

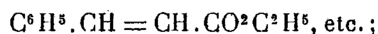


$$CH^3.CO^2.(CH^2)^2CO^2CH^3,\ CH^3.CO^2.(CH^2)^3H^3CO^2CH^3,$$
$$CH^3.CO^2.(CH^2)^2\underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{CH}}.CH^2.CO^2.CH^3,$$

on n'obtient pas, entre 7^μ et 9^μ, ni dans aucune autre région de notre domaine spectral, d'indices d'extinction supérieurs à ceux des malonates, et l'on retrouve la même bande large entre 7^μ et 9^μ.

2° Il semble même que l'on pourrait également appliquer les conclusions précédentes, en les généralisant, au cas où deux fonctions différentes se présentent dans la molécule.

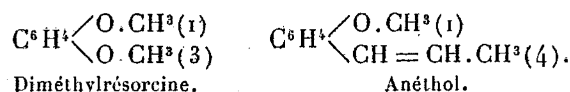
Ainsi, entre 7^{μ} et 9^{μ}, une opacité considérable se manifeste pour les éthers β cétoniques (acéto-acétate d'éthyle et benzoylacétate d'éthyle), à cause de l'écartement du carbonyle et du carboxyle; même résultat pour l'acétylacétone. Dans certains cas, la double liaison se comporterait d'une manière analogue. Sa proximité du carboxyle permettrait, malgré le grand pouvoir absorbant dans l'infrarouge (1-14^{μ}), du carboxyle et de la liaison éthylénique, l'étude de certains composés comme le crotonate d'amyle $CH^3.CH = CH.CO^2.C^5H^{11}$, le cinnamate d'éthyle



$$C^6H^5.CH = CH.CO^2C^2H^5, \text{ etc.};$$

même remarque pour les alcools non saturés αβ.

3° En ce qui concerne les dérivés benzéniques di-substitués, ortho, méta, para, nous ne pensons pas qu'on puisse faire abstraction de la structure cyclique et compter les atomes de carbone du noyau qui séparent les deux fonctions, comme s'ils appartenaient à une chaîne linéaire, ni dans les cas où les fonctions sont identiques ni dans celui où elles sont différentes. En effet, en méta ou en para, par exemple, les fonctions se présenteraient en position éloignée et une grande opacité devrait se manifester dans une partie importante du spectre (1-14^{μ}). Or ceci n'a pas lieu. Exemples :



$$C^6H^4\begin{cases}O.CH^3(1)\\O.CH^3(3)\end{cases} \qquad C^6H^4\begin{cases}O.CH^3(1)\\CH = CH.CH^3(4).\end{cases}$$

Diméthylrésorcine. Anéthol.

Nos recherches nous ont permis, en particulier, de confirmer et de généraliser le fait que, dans l'infrarouge, les opacités des différentes fonctions entrant dans une molécule ne s'ajoutent pas. Pour en donner une explication, nous avons été conduit à supposer que, quand une bande d'absorption apparaît, ce n'est pas la molécule tout entière qui résonne, mais certaines de ses parties, et probablement seulement celles de ces parties qui sont orientées d'une certaine façon. Nous comprenons ainsi que lorsque deux vibrateurs, par exemple, coexistent, ils ne résonnent pas nécessairement tous les deux simultanément, et dès lors, l'absorption n'est pas doublée. Cette hypothèse que les résonateurs infrarouges sont constitués seulement par certaines parties des molécules, explique aussi ce fait, que nous avions signalé, que l'application aux corps organiques des formules de dispersion n'indique pas de vibrations propres situées dans notre domaine spectral. De même les mesures faites, en dehors de nous, sur le pouvoir réflecteur des liquides organiques dans l'infrarouge, ont montré que ce pouvoir réflecteur reste faible : ce fait s'interprète de la même manière, le pouvoir réflecteur dépendant, comme l'indice de réfraction, de tout ce qu'il y a dans la molécule.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Recherches spectrographiques sur l'effet A. H. Compton.* Note ([1]) de M. **A. Dauvillier**, présentée par M. M. de Broglie.

Dans un Mémoire récent ([2]) A. H. Compton a publié une théorie quantique de la dispersion des rayons X et γ qui a suscité un extrême intérêt par l'importance qu'elle présente au point de vue des relations qui existent entre la matière et le rayonnement. Les conséquences immédiates, susceptibles d'une vérification expérimentale précise, en sont : l'augmentation, d'une quantité constante, de la longueur d'onde de la radiation dispersée et une émission électronique supplémentaire.

Ce changement de longueur d'onde a été effectivement observé au spectromètre par Compton ([3]) dans le cas des rayons $K\alpha$ du molybdène irradiant un diffuseur de graphite et retrouvé au spectrographe par P. A. Ross ([4]) ainsi que par J. A. Becker, E. C. Watson, W. R. Smythe, R. B. Brode et L. M. Mott-Smith ([5]) pour un radiateur d'aluminium. M. de Broglie ([6]) l'a également observé spectrographiquement pour les rayons $K\alpha$ du tungstène et des radiateurs de graphite et d'aluminium. Cependant W. Duane et G. L. Clark ([7]) l'ont vainement cherché au spectromètre avec cette même radiation et un grand nombre de diffuseurs. Ils n'ont observé que certaines réflexions diffuses n'obéissant pas à la loi énoncée par Compton et qu'ils ont cherché à interpréter comme étant des spectres continus excités par l'émission corpusculaire. Devant ces divergences nous avons repris l'étude expérimentale de cette question avec un dispositif permettant de faire varier la longueur d'onde excitatrice, l'azimut et la nature du diffuseur.

La méthode employée est celle précédemment indiquée ([8]) pour l'étude des spectres de fluorescence. Elle consiste à introduire le radiateur dans le tube lui-même au voisinage immédiat du foyer. Ce dispositif, outre qu'il utilise un grand angle solide de rayonnement, a l'avantage de permettre

---

([1]) Séance du 10 juin 1924.
([2]) *Phys. Rev.*, t. 21, 1923, p. 483.
([3]) *Phil. Mag.*, 1923, p. 897.
([4]) *Phys. Rev.*, t. 22, 1923, p. 201 et 524; t. 66, 1924, p. 290.
([5]) *Am. Phys. Soc.*, 1924, p. 4.
([6]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 908.
([7]) *Proc. Nat. Acad. Sc.*, t. 9, 1923, p. 413; t. 10, 1924, p. 41 et 92.
([8]) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 167.

l'éloignement de la fenêtre transparente. Après de sérieuses difficultés nous avons réussi à établir un appareillage satisfaisant. Il comporte un gros tube cylindrique en verre Pyrex dans lequel les électrodes axiales sont excentrées de manière à pouvoir tourner autour du diffuseur pour modifier l'azimut. L'anticathode est du type déjà décrit : à circulation d'eau, isolateur électrique et thermique à double paroi en verre et matière interchangeable. La cathode est du type Coolidge. Le radiateur (1^{cm^2}) est disposé immédiatement devant la fente. Il est porté par un collimateur tubulaire en plomb fixé dans un bouchon rodé en Pyrex, facilement amovible et muni d'une fenêtre transparente de cellophane. Tous les joints sont mastiqués avec un peu de picéine. Le bouchon est refroidi par un courant d'air. Un mince écran de graphite ($0^{mm},2$) est disposé entre le foyer et le radiateur pour prévenir le dépôt sur celui-ci de films évaporés des électrodes et leur bombardement électronique dans le cas d'une ionisation positive accidentelle. Avec une puissance de 1200 watts sous 50 kilovolts les poses n'excèdent pas une dizaine d'heures avec la dispersion habituelle de 6 X (10^{-11} cm) par millimètre. Les clichés sont étalonnés en utilisant la fluorescence d'un élément convenable fixé sur le radiateur sous forme d'une bande transversale très étroite et très mince.

Comme rayons excitateurs nous avons utilisé jusqu'ici les rayons $K\alpha$ de l'argent et du cuivre et les raies $L\beta$ de l'or. Comme diffuseurs : du lithium, du carbone (graphite), de l'aluminium, du cuivre, de l'argent, de l'or, du plomb, du sel gemme (cristal unique et poudre cristalline). Les radiateurs de lithium ont — pour une cause encore indéterminée — donné des résultats négatifs. L'effet Compton n'est apparu bien net que dans le cas de la diffusion des rayons $K\alpha$ de l'argent par le graphite. Divers clichés ont montré, outre le doublet net dispersé sans changement de longueur d'onde, une forte bande diffuse s'étendant sur 10 X, dont le déplacement, mesuré à partir du centre par rapport au milieu du doublet, est de 24 X, soit exactement la valeur théorique pour l'incidence normale. La largeur de 10 X s'interprète bien lorsqu'on tient compte de la variation angulaire dans l'angle solide du rayonnement incident. Avec un radiateur d'aluminium et exactement dans les mêmes conditions, le doublet net non dévié (qui est responsable de la réflexion cristalline) présente la même intensité, mais la bande déviée l'est moins qu'avec le graphite (16 X) et elle est déjà très faible. Avec le sel gemme l'effet Compton n'est plus sensible : la radiation dispersée a la même longueur d'onde que la radiation incidente et, contre notre attente, possède la même intensité avec un cristal unique $\left(\text{incidence } \frac{\pi}{2}\right)$

qu'avec une poudre cristalline. Pour tous les éléments plus lourds, l'effet Compton n'est pas sensible et ce résultat négatif n'est pas dû à un effet d'absorption puisque la radiation dispersée normale est toujours présente. Il est à noter que, dans tous les cas, cette radiation diffusée apparaît sous l'aspect de lignes nettes et fines comme des raies de fluorescence.

En irradiant un diffuseur de graphite avec diverses longueurs d'ondes, nous avons enfin reconnu que l'effet Compton devenait très faible pour 1,0 U. Å et qu'il disparaissait complètement vers 1,5 U. Å. On sait qu'il est inexistant dans le domaine optique.

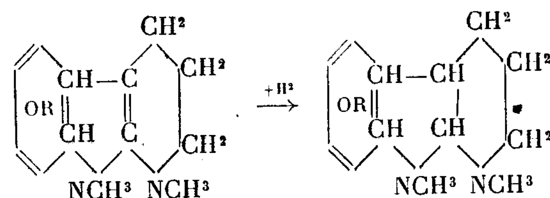
Un phénomène surprenant s'est également manifesté au cours de ces expériences : Dans le but de mieux utiliser l'espace vu par le cristal analysateur (sel gemme) à travers la fente collimatrice, nous avons cherché à remplacer la surface plane diffusante — habituellement vue sous un angle de quelques degrés — par un volume obturant complètement la fente. Or, quoique les coefficients globaux d'absorption de rayons de 0,5 Å soient très petits pour des éléments tels que le lithium ou le carbone, l'effet ainsi obtenu par transmission était toujours beaucoup plus faible que par « réflexion ». Nous avons alors recherché si l'absorption atomique (K) ne serait pas supérieure dans l'état ionisé à ce qu'elle est dans l'état normal. Nous avons pour cela comparé sur la même plaque l'intensité des raies de fluorescence $K\alpha$ du molybdène, ayant traversé une épaisseur de 15^{mm} de graphite, d'abord fortement irradié par une anticathode d'argent, puis soustrait à cette influence par un petit écran de plomb. Les raies observées dans le premier cas sont moitié moins intenses que celles obtenues dans le second avec la même excitation ; mais, quoique ce phénomène paraisse hors de doute, il ne suffit pas à expliquer la grosse différence constatée.

En définitive, l'effet Compton n'apparaît que dans le cas où l'absorption sélective est très faible et il est loin d'avoir la généralité prévue par la théorie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés hydres de l'ésérine.* Note de MM. **Max** et **Michel Polonovski**, présentée par M. Ch. Moureu.

Une étude approfondie de l'hydrogénation de tous les dérivés de la série de l'ésérine nous a amenés à modifier l'interprétation que nous avions donnée de ce processus dans nos Notes précédentes, et suivant laquelle les hydrogénations seraient dues à une addition de H^2 sur une liaison éthylé-

nique ayant son siège dans le noyau pyrrolique ([1]) :

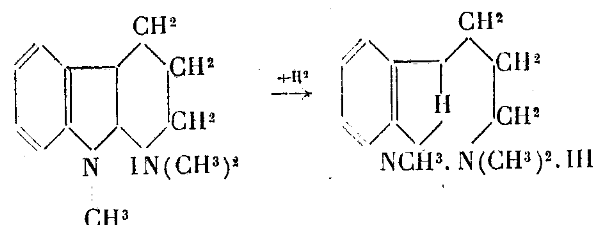


Au cours de nos nombreux essais d'hydrogénation nous avons, en effet, pu établir :

1° Que, dans nos conditions d'expérience, tant par voie catalytique qu'au moyen de l'hydrogène naissant, on n'arrive à fixer, sur aucun de nos dérivés, plus d'une molécule d'hydrogène.

2° Que les bases à cycle basique fermé (ésérine, éséroline, éséréthol) ne se réduisent qu'en solution acide ([2]); en milieu neutre on ne constate aucun phénomène de réduction, ni par l'amalgame de sodium, ni par catalyse en présence de noir de palladium.

3° Que, par contre, les sels quaternaires de ces mêmes bases subissent avec la plus grande facilité une réaction analogue à celle d'Emde, en milieu acide comme en milieu neutre, par l'hydrogène naissant ou par catalyse, pour donner des sels de bases méthines à chaîne ouverte :



([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1896.

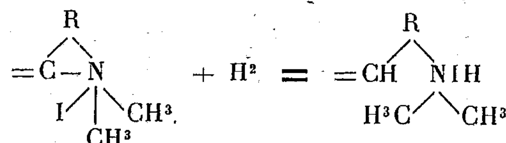
([2]) Tous ces composés hydrogénés ont été caractérisés par leur faible pouvoir rotatoire dextrogyre, contrastant avec la forte déviation lévogyre des bases primitives, ainsi que par leurs chlorozincates peu solubles et bien cristallisés, de formule générale $B_2HCl.ZnCl^2$.

	F.
Chlorozincate d'éséréthol	200°
» d'ésérétholméthine	199
» d'iodométhylate d'ésérétholméthine	207
» d'hydroéséréthol	250
» d'hydroésérétholméthine	248
» d'iodométhylate d'hydroésérétholméthine	262

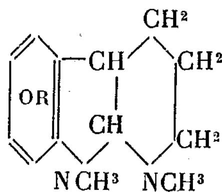
Cette réduction se fait avec absorption d'une seule molécule d'hydrogène, et la base méthine obtenue se comporte comme un composé saturé et n'est pas une pseudobase renfermant un OH au carbone voisin de l'azote basique.

4° Que les pseudobases à cycle déjà ouvert, comme l'ésérétholméthine et son iodométhylate, s'hydrogènent rapidement par fixation de H^2, en solution éthérée par catalyse, ou en solution acide par $Zn + HCl$, et conduisent par perte de OH aux mêmes dérivés hydrogénés que ceux du paragraphe précédent.

La non-réductibilité des bases primitives par catalyse parlait déjà contre l'existence d'une double liaison facilement hydrogénable; mais ce qui nous a conduits à rejeter définitivement cette hypothèse, c'est le fait que les sels quaternaires ne fixaient qu'une seule molécule d'hydrogène en donnant une méthine complètement saturée. En effet H^2 étant nécessaire pour transformer l'iodométhylate quaternaire en iodhydrate de base tertiaire ouverte, il n'y avait plus d'hydrogène disponible pour hydrogéner une double liaison



Mais, si les deux noyaux hétérocycliques ne possèdent pas de double liaison, on se trouvait amené à attribuer à l'ésérine la formule



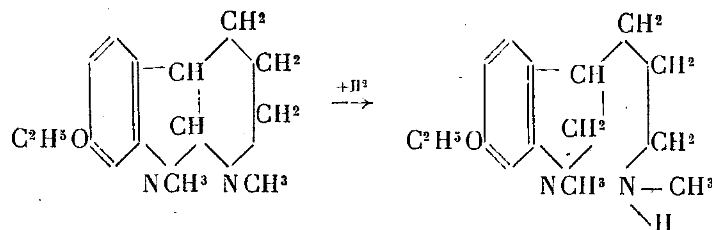
et sa réductibilité ainsi que celle de ses dérivés, éséroline et éséréthol, en solution acide, devenait tout à fait inexplicable, à moins d'admettre ici, comme dans les cas des sels quaternaires, une ouverture du cycle basique avec formation de base secondaire.

L'étude de l'iodométhylation de ces composés hydrogénés a pleinement confirmé cette nouvelle interprétation.

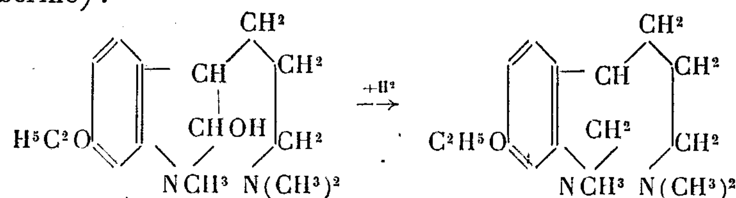
Lorsqu'on traite, en effet, l'hydroéséréthol par une molécule de CH^3I, on constate qu'au lieu d'obtenir un iodométhylate d'hydroéséréthol, c'est-à-dire

un sel d'ammonium d'un noyau fermé, on retrouve dans le produit final de la récation la moitié de la base hydrogénée primitive sous forme d'iodhydrate, tandis que l'autre moitié est constituée uniquement [1] par l'iodométhylate d'hydroéséréth olméthine (F. 140°), identique au produit d'iodométhylation de l'hydroéséréthol méthine, et identique aussi à celui qu'on obtient par réduction de l'iodométhylate d'éséréthol méthine.

L'hydroéséréthol se comporte donc à l'iodométhylation comme une base secondaire à chaîne ouverte. L'hydrogénation de l'éséréthol (ainsi que celle de l'ésérine et de l'éséroline) a dû nécessairement porter sur la liaison entre l'azote basique et le carbone pyrrolique



Quant à l'éséréthol méthine et à son iodométhylate, dont le cycle azoté basique est déjà ouvert, leur réductibilité est évidemment due au groupe CHOH qui se transforme en CH^2 par hydrogénation, ainsi que le font les autres alcaloïdes porteurs du chaînon —CHOH — N (cotarnine, hydrastinine, berbérine) :



CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la vitesse de refroidissement sur les propriétés de l'aluminium industriel.* Note de M. **Léon Guillet**, présentée par M. Le Chatelier.

L'aluminium industriel contient toujours des quantités appréciables de silicium et de fer. On sait que le premier de ces éléments donne avec l'alu-

(1) Le phénomène se complique encore d'un processus de réoxydation partielle de la base hydrogénée en éséréthol, d'où la présence de ce dernier et aussi d'iodométhylate d'éséréthol méthine.

minium une faible solution solide dont la composition varie avec la température (environ 0,1 Si pour 100 à 15°; 0,5 Si pour 100 à 500°) tandis que le fer se trouve sous forme de combinaison Al^3Fe.

Il est donc à penser que, suivant la vitesse de refroidissement, les propriétés de l'aluminium présentent certaines variations. On peut d'ailleurs prévoir *a priori* que la charge de rupture à la traction et la résistivité croissent, lorsque la vitesse de refroidissement augmente.

Mes recherches ont porté sur différents aluminiums de fabrication courante, notamment sur les deux types suivants :

	Si pour 100.	Fe pour 100.
I	0,89	0,91
II	0,16	0,13

Voici les résultats obtenus en partant du métal préalablement recuit à 450°, dans un bain salin durant 15 minutes :

Traitement.	Premier échantillon.			Deuxième échantillon.		
	R m/m².	A p. 100.	ρ (¹).	R m/m².	A p. 100.	ρ (¹)
Sans traitement	9,65	47,8	2,97	7,95	38,2	2,80
Trempé à l'air à 500°	12,60	39,2	3,31	8,85	30,9	2,82
Trempé à l'eau à 500°	13,10	33,3	3,23	9,14	31,8	2,80

Pour mettre en évidence le rôle du silicium, j'ai déterminé d'autre part l'influence de la trempe sur un alliage renfermant 0,19 pour 100 Fe et 0,37 pour 100 Si. La résistivité varie de 2,88 à 2,93 microhms-cm²/cm, suivant la vitesse de refroidissement.

On voit que la trempe agit de façon nette. La trempe à l'air et la trempe à l'eau produisent le même effet sur la résistivité, tandis que les propriétés mécaniques sont plus profondément atteintes par la trempe à l'eau. Des expériences précises nous ont d'ailleurs permis de constater que les propriétés de l'aluminium commercial trempé ne sont pas modifiées par le temps comme pour le duralumin.

Si l'on opère le revenu des fils trempés, on revient progressivement aux propriétés normales; voici la résistivité du premier échantillon revenu à températures croissantes (en bain salin, durant 30 minutes).

–	Trempé à l'air à 500°.	Revenu après trempe à l'air à 500° à : 100°.	225°.	300°.	350°.	400°.
ρ	3,31	3,31	3,30	3,26	3,11	3,01

(¹) En microhms-cm²/cm.

En résumé, les propriétés mécaniques et la résistivité de l'aluminium commercial sont modifiées par la vitesse de refroidissement, du moins si la teneur en silicium est un peu élevée. La ténacité peut croître de 40 pour 100 et les allongements peuvent diminuer de 30 pour 100. La résistivité, si le silicium atteint 0,20 pour 100, peut être augmentée au maximum de 10 pour 100.

Les propriétés de l'aluminium commercial trempé ne se modifient pas sensiblement avec le temps.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Adsorption et cataphorèse.*
Note de M. **K. v. d. Grinten**, présentée par M. Jean Perrin.

Pour étudier le phénomène de l'adsorption sur différents corps, nous avons appliqué, d'après les indications de M. Victor Henri, la méthode du transport électrique observé sous l'ultramicroscope. Nous nous sommes servi d'une cuvette, composée d'un porte-objet sur lequel sont fixées sans collage deux petites plaques du même verre.

Le tout est fermé au moyen d'un couvre-objet d'une longueur de 40^{mm}.

Dans cette cuvette, ouverte des deux côtés, on introduit deux plaques en platine comme électrodes. La distance des électrodes est de 40^{mm}; la différence de potentiel de 10 volts.

Une suspension obtenue avec le même verre que le porte-objet est placée dans la cuvette, et en mesurant les vitesses de transport à différentes hauteurs de la paroi, on observe que par suite de l'osmose électrique de l'eau le long de la paroi, la vitesse des particules au voisinage immédiat de la paroi est l'inverse de la vitesse au milieu de la cuvette. On observe aussi que la vitesse au milieu vers le pôle positif est le double de la vitesse le long de la paroi vers le pôle négatif.

En mesurant dans des cuvettes de différentes épaisseurs nous avons trouvé que dès que l'épaisseur de la cuvette surpasse $0^{mm},5$, la vitesse des particules dans la région médiane ne varie plus avec l'épaisseur de la cuvette. D'après la loi de Helmholtz, étendue par E. Hücke, on sait que la vitesse d'une particule par rapport au liquide n'est que les $\frac{2}{3}$ de la vitesse que le liquide aurait le long d'une paroi de la même substance que la particule. On peut donc calculer que dans la cuvette que je viens de décrire, le liquide au milieu reste immobile et la vitesse que nous avons mesurée est la vraie vitesse de la particule par rapport au liquide.

Nous avons mesuré dans cet appareil des substances différentes, une suspension de verre, des colloïdes (sélénium, or, argent, rose de Magdala, soufre, oxyde de titane, sulfure d'arsenic).

Si l'on ajoute à ces substances, par exemple à une suspension de verre, des électrolytes dont le cation est adsorbé, on observe que la vitesse de la particule décroît et devient même inverse à partir d'une certaine concentration d'électrolyte. Nous avons pris comme électrolyte le violet cristallisé bien purifié. Il est très intéressant, d'une part, de déduire d'une méthode directe le nombre des molécules adsorbées par une surface connue à des concentrations différentes et, d'autre part, d'observer le changement du transport électrique des particules à ces mêmes concentrations.

On a mesuré la quantité de molécules de violet cristallisé adsorbées par centimètre carré en plongeant 30 lamelles de verre mince (35 à 25^{mm}) dans le violet cristallisé, puis on a mesuré le changement de concentration du liquide en déterminant son absorption par la méthode spectrographique.

Avec ce dispositif nous avons trouvé que la concentration étant très petite, l'adsorption augmente très rapidement; à partir d'une concentration $\frac{n}{10000}$ l'adsorption n'augmente plus aussi vite et il semble que le nombre de molécules adsorbées par centimètre carré atteigne un maximum d'environ $1,6.10^{14}$ molécules par centimètre carré comme les données ci-après le prouvent.

Si l'on calcule le nombre de molécules qui sont dans un cristal de violet cristallisé par centimètre carré (point moléculaire 570, densité 1,1075), on voit qu'il ya $1,115.10^{14}$ molécules par centimètre carré. Supposons que les molécules sont plus longues que larges et fixées au verre par une seule extrémité, on peut conclure que cette valeur représente une couche monomoléculaire.

Pour la cataphorèse de la suspension de verre dans les mêmes concentrations de violet cristallisé, on trouve, si l'on construit la courbe du changement de vitesse en fonction de la concentration, une courbe de la même forme que celle qui représente la quantité de molécules adsorbées en fonction de la concentration. On voit qu'à partir d'une concentration d'environ $\frac{n}{10000}$ les deux courbes s'élèvent d'une façon presque perpendiculaire aux abscisses. Ainsi on peut dire qu'une suspension de verre se couvre également d'une couche monomoléculaire à partir d'une certaine concentration.

Il est intéressant de signaler, quand toutes les molécules en solution ne

suffisent pas pour former une couche monomoléculaire, que quelques molécules restent encore en solution; ce qui prouve qu'on a bien affaire à un stade d'équilibre.

Pour une certaine concentration une partie de la surface de la particule est couverte de molécules de violet cristallisé qui forment des îlots sur les particules. En faisant ces mêmes expériences avec une solution de sélénium colloïdal on obtient une courbe tout à fait parallèle à la courbe des particules de verre. Puisqu'on a pu conclure que pour le verre on a une couche monomoléculaire, on a donc la preuve directe que sur le sélénium colloïdal, le violet cristallisé est adsorbé jusqu'à ce que toutes les particules soient enveloppées par une couche monomoléculaire de violet cristallisé.

Les mesures ont donné les résultats suivants :

Concentration en mol-gr par litre de violet crist.	Nombre de molécules violet crist. adsorbées par cm² de verre.	Vitesse de cataphorèse des particules de verre en μ/sec. et volt/cm.	Vitesse de cataphorèse des particules de sélénium en μ/sec. et volt/cm.
De l'eau pure....	"	+5,60	+7,40
$\frac{1}{200000}$..........	"	"	+5,50
$\frac{1}{100000}$..........	0,3 .10^{14}	+5,00	+4,10
$\frac{1}{50000}$..........	0,54.10^{14}	+2,50	+2,95
$\frac{1}{20000}$..........	1,1 .10^{14}	−0,72	+1,66
$\frac{1}{10000}$..........	1,5 .10^{14}	−1,85	"
$\frac{1}{5000}$..........	1,5 .10^{14}	−3,00	−1,17
$\frac{1}{2000}$..........	1,6 .10^{14}	−5,37	−2,20

Le signe + signifie que la particule se déplace vers le pôle +
Le signe — signifie que la particule se déplace vers le pôle —

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le triaminopropane* 1.2.3. *Sa préparation; formation de complexes métalliques dérivés.* Note de Sir **W. J. Pope** et **M. F. G. Mann.**

D'après la théorie féconde de Werner sur la configuration des complexes métalliques, tels que le chlorure de cobaltihexammine $[Co(NH^3)^6]Cl^3$, les six groupes ammoniés se trouvent aux six sommets d'un octaèdre régulier dont l'atome de cobalt occupe le centre. Cette théorie a trouvé un appui solide dans l'étude de composés du même type, mais dans lesquels les six groupements ammoniés sont remplacés par 3^{mol} d'une diamine simple. Ainsi elle indique qu'un composé dans lequel 3^{mol} d'éthylènediamine remplacent les six groupes ammoniés, par exemple

$[Co(NH^2CH^2CH^2NH^2)^3]Cl^3$, doit être dédoublable en deux antipodes optiques; cette prévision a été vérifiée expérimentalement, et l'on peut dire, en fait, que toutes les conséquences stéréochimiques de la théorie ont reçu de l'expérience une confirmation éclatante.

Une nouvelle étape dans le développement de la théorie de Werner consisterait à remplacer les 6^{mol} d'ammoniaque du chlorure de cobaltihexammine par 2^{mol} d'une triamine et à étudier les résultats stéréochimiques d'une telle substitution.

Mais ici une difficulté se présente : les triamines aliphatiques ne sont pas d'une obtention facile. Ceci nous a conduits à étudier la formation du triaminopropane 1.2.3, en vue d'établir une méthode de préparation simple et avantageuse.

Cette triamine a été préparée par Curtius et Hesse (¹), mais leur procédé est d'exécution laborieuse et dangereuse; il consiste, nous le rappelons, dans la transformation du tricarballylate triéthylique successivement en triazide tricarballylique, triéthyluréthane de la glycérine, et enfin triaminepropane 1.2.3.

Nous avons étudié en détail une méthode nouvelle, très pratique, qui conduit au but par les étapes suivantes :

Acide citrique, acide acétone dicarbonique, diisonitrosoacétone, diaminoacétone, diacétyldiaminoacétoxime, triaminopropane 1.2.3. Le rendement de chacune des transformations est satisfaisant, et nous avons pu obtenir par ce procédé des quantités considérables de chlorhydrate de cette triamine. A l'aide de la base ainsi obtenue, nous avons préparé les complexes métalliques suivants :

Chlorure de cobaltibitriaminopropane



$$[Co(NH^2CH^2CH(NH^2).CH^2NH^2)^2]Cl^3,$$

Chlorure de rhodibitriaminopropane



$$[Rh(NH^2CH^2CH(NH^2).CH^2NH^2)^2]Cl^3,$$

et un certain nombre de leurs dérivés.

L'étude stéréochimique de ce nouveau type de complexes métallique est en cours.

(¹) *J. pr. Ch*, t. 62, 1900, p. 232.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'origine du fenchol dans la réaction de Bouchardat et Lafont.* Note de M. **Marcel Delépine**, présentée par M. A. Haller.

En fixant les acides sur les térébenthènes $C^{10}H^{16}$, Bouchardat et Lafont ont obtenu des éthers d'alcools $C^{10}H^{18}O$; selon les circonstances, ces alcools sont, soit des terpinéols, soit des mélanges de bornéols et de fenchols. En particulier, avec l'acide benzoïque agissant à 150° pendant 50 heures, sur l'essence de térébenthine française rectifiée, la production du fenchol fut assez abondante pour qu'on pût l'extraire en nature (1).

Or, à l'époque de ces travaux, on ignorait ce que les belles recherches de M. Darmois nous ont appris, à savoir que l'essence de térébenthine française contient dans les portions de tête deux carbures différents : le pinène α déviant de — 38° pour 1^{dm} (mélange de *l*-pinène α avec un peu de son antipode) et le *l*-pinène β (nopinène) déviant de — 19°. Il est indiscutable que Bouchardat et Lafont ont opéré avec le mélange des deux carbures. Le fenchol provenait-il de l'un ou de l'autre ou des deux à la fois?

Un autre travail de Bouchardat, avec Tardy, exécuté avec des essences d'eucalyptus, l'une inactive et l'autre, très dextrogyre, vraisemblablement constituées par des pinènes α à peu près purs, semblait démontrer que ces carbures contribuaient à la production de fenchol (2). Mais, d'un autre côté, en 1909, MM. Barbier et Grignard avaient émis l'opinion que le nopinène devait en être le facteur essentiel (3). Le problème n'était donc pas résolu.

En 1913, je m'étais proposé de l'élucider en partant, d'une part, de *d*-pinène α de l'essence de pin d'Alep qui est exempte de nopinène et, d'autre part, de *l*-pinène β (nopinène) retiré de l'essence de pin des Landes; la guerre suspendit les recherches en cours. Mais comme depuis, M. Dupont (4), d'un côté, MM. Grignard et Stratford (5), de l'autre, ont supposé que le fenchol provenait d'un terpène autre que les pinènes α et β et bouillant plus haut qu'eux, la question méritait d'être reprise. D'autant plus que, ces auteurs ne s'étant pas placés dans les mêmes conditions que

(1) G. Bouchardat et J. Lafont, *Comptes rendus*, t. 113, 1891, p. 551.
(2) G. Bouchardat et E. Tardy, *Comptes rendus*, t. 120, 1895, p. 1417.
(3) Ph. Barbier et V. Grignard, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 5, 1909, p. 512.
(4) G. Dupont, *Chimie et Industrie*, t. 8, 1922, p. 555.
(5) V. Grignard et Stratford, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 33, 1923, p. 531.

Bouchardat, leurs expériences ne pouvaient contredire celles de ce savant. J'ai donc repris les expériences de Bouchardat avec l'acide benzoïque; j'ai pu y en adjoindre d'autres avec l'acide trichloracétique.

Avec 1500g d'acide benzoïque et 1500g de *d*-pinène α ($\rho = +42°$ sous 1^{dm}), chauffés à 150° pendant 50 heures, j'ai obtenu 350g d'alcools bruts, pâteux, que des cristallisations et rectifications appropriées ont scindé en alcools solides (*d*-bornéol avec un peu de *l*-isobornéol) et en un mélange liquide constitué par du *l*-fenchol et les bornéols, mélange signalé par Bouchardat et Lafont comme étape intermédiaire de la séparation du fenchol. Ce dernier mélange, pesant 71g, passait de 196 à 205°, était à peine dextrogyre. Comme le *d*-bornéol a $[\alpha]_D = +37°$ et le *l*-fenchol $-13°$, on voit qu'il s'agit d'un mélange riche en fenchol. Sans en poursuivre davantage la séparation, on l'a transformé en cétones : celles-ci étaient liquides, avec $[\alpha]_D = +56°$ (à $\frac{1}{10}$ dans l'alcool); on sait que le *d*-camphre et la *d*-fenchone (correspondant au *l*-fenchol) ont respectivement $[\alpha]_D = +44°$ et 69,5. Le mélange des cétones, soumis à l'oximation selon le procédé de Rimini, a fourni, à côté de camphoroxime (lévogyre), de la fenchonoxime β, $[\alpha]_D = +119°$, F. 123°, transformable en fenchonoxime α; d'après ma dernière Note (1), cela confirme la présence de fenchol dans le mélange d'alcools liquides.

Les carbures non combinés et récupérés possèdent une forte activité optique due à une transformation partielle en *d*-limonène très actif ($[\alpha]_D = +90°$ environ); en tête, il y avait du pinène et du camphène, également actifs. Bouchardat et Lafont n'avaient retrouvé que des carbures fortement racémisés.

En chauffant 510g de *l*-pinème β, pendant deux heures à 150° avec 510g d'acide benzoïque, j'ai obtenu 73g d'alcools solides (*l*-bornéol + *d*-isobornéol) et 53g de mélange liquide, de pouvoir rotatoire à peu près nul, qui fut transformé successivement en cétone ($[\alpha]_D = -60°$), en *l*-fenchonoxime β, puis en *l*-fenchonoxime α. Les carbures non éthérifiés étaient de même très actifs, beaucoup plus que le nopinène initial, puisque l'on put en extraire un *l*-limonène ayant $\rho = -84°$ pour 1^{dm}; par contre, le nopinène avait disparu ; les portions de tête ressemblaient à celles obtenues avec l'α-pinène (d'après les dispersions rotatoires).

M. Reychler (2) a montré que l'acide trichloracétique transformait, pour ainsi dire instantanément, à la température ordinaire et avec échauffement, l'essence de térébenthine (américaine) en éthers trichloracétiques; par saponification de ces éthers, M. Reychler obtint du bornéol accompagné de fractions liquides dont il ne détermina pas la nature. J'ai complété cette intéressante expérience en l'effectuant avec le *d*-pinène α et le *l*-pinène β; aux proportions près, elle engendre les mêmes alcools que l'acide benzoïque à chaud : bornéols (avec isobornéols) et fenchols; les carbures récupérés sont moins actifs, mais on a pu cependant en obtenir un nitrosochlorure de limonène actif.

Conformément aux conclusions des longues et patientes recherches

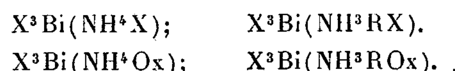
(1) M. Delépine, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1721.

(2) A. Reychler, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 15, 1896, p. 368.

de Bouchardat et Lafont, on voit donc que les dérivés fenchyliques accompagnent les dérivés bornyliques lors de la fixation des acides sur les térébenthènes; les recherches ci-dessus démontrent que les deux pinènes, α et β, concourent à cette formation. M. A. Haller vient de montrer que les acides halogénophtaliques donnent également du fenchol avec l'essence de pin maritime; si l'on joint à ces résultats la démonstration faite par M. M. Barbier et Grignard (¹) que l'acide chlorhydrique lui-même engendre un dérivé fenchylique (ce que j'ai revérifié), que l'acide sulfurique agissant sur l'essence de térébenthine donne aussi des dérivés fenchyliques d'après Bouchardat et Lafont (²), on peut même dire que les acides minéraux et les acides organiques concourent à la double production d'éthers de bornéols et d'éthers de fenchols.

CHIMIE. — *Sur la formation des bismuthamines.* Note (³) de M. **A. C. Vournazos.**

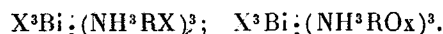
Les composés moléculaires qui dérivent de l'union des sels bismuthiques, les halogénures en premier lieu, avec les bases aminées de tout ordre, constituent une classe particulière très nombreuse des complexes que j'ai appelés bismuthamines. Ces corps sont obtenus par une réaction d'addition qui peut être considérée comme générale. Les bismuthamines peuvent être considérées comme un système des molécules juxtaposées, en nombre égal



$$X^3Bi(NH^4X); \quad X^3Bi(NH^3RX).$$
$$X^3Bi(NH^4Ox); \quad X^3Bi(NH^3ROx).$$

Dans ces types derniers, Ox désigne le reste d'un oxacide quelconque. Les composés bismuthiques y participant se rapportent au bismuth trivalent.

Les triamines bismuthiques sont beaucoup moins nombreuses et pour la plupart amorphes. Les formules de constitution de ces corps doivent montrer l'atome central relié par ses valences principales aux atomes halogènes et par les valences secondaires aux molécules de l'amine

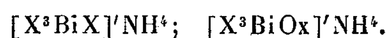


$$X^3Bi \vdots (NH^3RX)^3; \quad X^3Bi \vdots (NH^3ROx)^3.$$

Les produits qui contiennent une et trois molécules d'ammonium sont,

(¹) Ph. Barbier et V. Grignard, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, t. 7, 1910, p. 342.
(²) G. Bouchardat et G. Lafont, *Comptes rendus*, t. 125, 1897, p. 111.
(³) Séance du 12 mai 1924.

ainsi que leurs isomorphes de potassium et sodium, électrolytes; ils sont caractérisés par un anion complexe homoacide ou hétéroacide



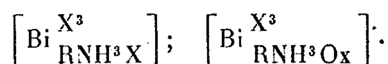
$$[X^3BiX]'NH^4;\quad [X^3BiOx]'NH^4.$$

Les triamines, d'autre part, sont représentées par des molécules intégrales



$$\left[Bi\begin{matrix}X^3\\(RNH^3X)^3\end{matrix}\right];\quad \left[Bi\begin{matrix}X^3\\(RNH^3Ox)^3\end{matrix}\right]$$

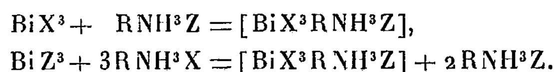
de même comme les monamines



$$\left[Bi\begin{matrix}X^3\\RNH^3X\end{matrix}\right];\quad \left[Bi\begin{matrix}X^3\\RNH^3Ox\end{matrix}\right].$$

Or, au point de vue de structure, on aurait remarqué que le nombre de coordination serait 4 dans les bismuthomonamines et 6 dans les triamines.

Les bismuthamines obtenues par l'action d'un composé trihalogéné de bismuth BiX^3 sur une amine-sel à acide différent, par exemple RNH^3Z, sont identiques à celles qui proviennent de l'action de BiZ^3 sur RNH^3X tant que l'affinité du bismuth vis-à-vis le X soit supérieure à celle vis-à-vis le Z :



$$BiX^3 + RNH^3Z = [BiX^3RNH^3Z],$$
$$BiZ^3 + 3RNH^3X = [BiX^3RNH^3Z] + 2RNH^3Z.$$

Ainsi, dans les cas pareils, il n'y a pas d'isomères complexes.

Les bismuthamines contenant la molécule $BiCl^3$ sont en général incolores, celles au tribromure sont colorées du jaune pâle au jaune d'œuf et celles au triodure du rouge orange au rouge écarlate. Le fluorure, nitrate et sulfate de bismuth donnent aussi des bismuthamines homoacides [1] incolores.

Avec les diverses amines acycliques et cycliques, j'ai pu obtenir les combinaisons les plus variées. Ainsi, par exemple, BiI^3 donne avec la diéthylamine acétique le produit



$$\left[Bi\begin{matrix}I^3\\(C^2H^5)^2NH\,CH^3COOH\end{matrix}\right].$$

Pour obtenir ce corps on triture dans un mortier en verre un mélange bien sec de $BiI^3 + KI$ (2,5 : 1); on introduit la poudre dérivée dans un ballon de 150^{cm^3} et l'on ajoute 50^{cm^3} d'acide acétique glacial. On chauffe

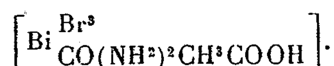
---

(1) A. C. VOURNAZOS, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1556.

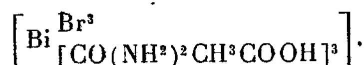
le ballon bouché au bain-marie en remuant jusqu'à dissolution complète. Dans la liqueur rouge brunâtre qui contient le BiI^3 à l'état dissous d'un complexe iodopotassique on ajoute immédiatement une solution acétique chaude de diéthylamine, contenant 0,36 de cette substance dans 10 d'acide acétique. On observe ainsi la formation d'une poudre jaune orangée très peu soluble dans l'acide que l'on traite d'après la manière générale (*loc. cit.*).

Le composé analogue $BiI^3CH^3NH^2CH^3COOH$ est un précipité pulvérulent rouge pourpre soluble dans l'eau.

La solution acétique d'urée et de ses sels avec les acides minéraux, additionnée de sels de bismuth, donne des précipités cristallisés de bismuth amines. Ainsi, si l'on chauffe un mélange équimoléculaire d'urée avec le $BiBr^3$ dans le décuple d'acide acétique, on obtient, par refroidissement, des petits cristaux jaunâtres correspondant à la formule



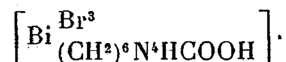
En prenant un excès d'urée, on constate la formation d'un précipité blanc amorphe et insoluble avec 3^{mol} d'amine :



Les amines aromatiques se comportent de la même manière. Soit, comme exemple, la diphénylamine; on en prépare une solution de 0,5 dans 10 d'acide acétique et l'on y ajoute 1,5 de BiX^3 en état solide; on chauffe à l'ébullition et on laisse refroidir. La bismuthamine du bromure se dépose ainsi sous forme d'une poudre cristalline jaunâtre constituée de lamelles hexagonales. L'analyse conduit à la formule coordonnée :



Les polyamines s'unissent aux sels de bismuth toujours avec la même facilité. Une solution formique d'hexaméthylènetétramine (1,4 : 20) ajoutée peu à peu dans une solution de $BiBr^3$ à 5 pour 100 donne un précipité pulvérulent blanc de la bismuthamine suivante :



Les alcaloïdes, comme amines secondaires, ternaires ou bases d'ammonium quaternaires donnent, par addition, avec les sels bismuthiques une

foule de composés complexes définis. On opère toujours en milieu d'acide anhydre, formique, acétique, propionique, valérianique, lactique, oléique, crotonique, etc., avec lesquels les alcaloïdes forment les sels correspondants retrouvés dans les bismuthamines, qui se rattachent aux formules générales



$$\left[\mathrm{Bi}\begin{matrix}X^3\\(\text{alcaloïde-sel})\end{matrix}\right] \quad \text{et} \quad \left[\mathrm{Bi}\begin{matrix}X^3\\(\text{alcaloïde-sel})^3\end{matrix}\right].$$

On prend les corps réagissants en solution étendue (2 pour 100) car alors les précipités formés sont souvent cristallins; ils sont d'ailleurs pas ou peu solubles. Tous les alcaloïdes de n'importe quelle constitution forment des pareilles bismuthamines, ainsi que les corps cycliques dans lesquels l'azote est placé hors de la chaîne. Le réactif de Dragendorf ([1]), qui est un iodure de potassium et de bismuth, ne donne pas de précipité avec ces derniers corps, et avec les alcaloïdes naturels fournit d'iodures doubles qui souvent semblent correspondre à la formule $3NR^4I.2BiI^3$. Or les bismuthamines alcaloïdiques possèdent des caractères très nets.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dissociation pyrogénée de l'hexadécène*. Note ([2]) de MM. **H. Gault** et **Y. Altchidjian**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Communication antérieure ([3]), nous avons décrit les appareils que nous avons utilisés pour l'étude de la dissociation de l'hexadécène.

Nous résumons dans la présente Note les principaux résultats obtenus au cours de ces recherches.

En premier lieu nous avons étudié l'action de la température et de la longueur de chauffe (durée de contact) sur la proportion et la composition des gaz provenant de la dissociation pyrogénée.

Nous avons utilisé deux fours électriques, l'un de 64^{cm} et l'autre de 16^{cm}, le débit liquide pour les deux fours étant maintenu à 50^{cm^3} à l'heure.

Pour le four de 64^{cm}, la production de gaz commence vers 450°, augmente considérablement entre 500° et 600° (plus de 50 pour 100 de gaz à 550°) et se poursuit continuellement, bien que moins rapidement, à mesure que la température s'élève.

Avec le four de 16^{cm}, au contraire, on ne perçoit la formation de gaz que

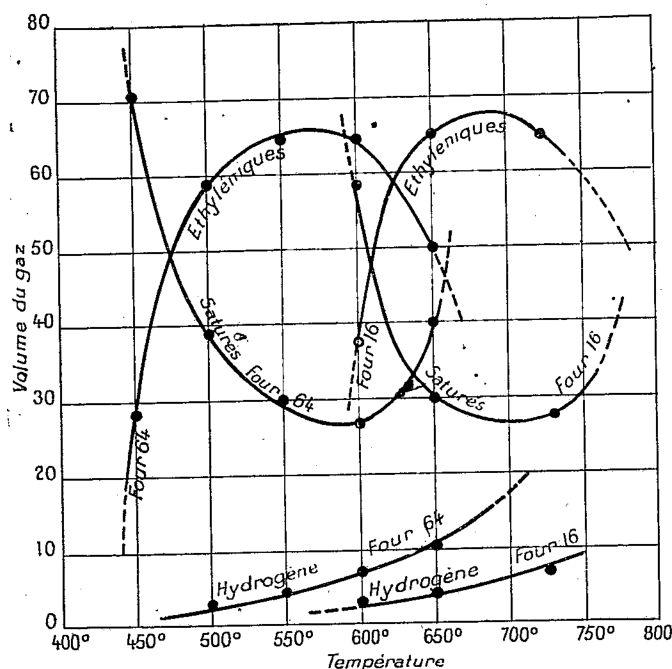
([1]) *Zeitschrift für Chemie*, t. 2, p. 478.
([2]) Séance du 10 juin 1924.
([3]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1562.

vers 580° ; on obtient à peu près les mêmes pour-cents de gaz qu'avec le four de 64^{cm}, mais à des températures relativement plus élevées.

L'analyse de ces gaz nous a montré qu'aux températures les plus basses où la dissociation se manifeste, ils sont constitués essentiellement par des carbures saturés; la proportion de ces carbures diminue lorsque la température s'élève, passe par un minimum (25-27 pour 100), puis augmente.

Les carbures non saturés suivent des variations inverses; la proportion de ces carbures, faible au début de la dissociation, augmente rapidement, passe par un maximum (67-68 pour 100) et décroît ensuite.

Quant à l'hydrogène, il apparaît dès le début de la dissociation et augmente avec la température. Nous reproduisons ci-dessous les courbes de variation, pour les deux fours, des carbures gazeux saturés et non saturés et de l'hydrogène en fonction de la température.



La densité des gaz suit des variations semblables à celles des hydrocarbures gazeux non saturés, c'est-à-dire qu'elle croît d'abord, passe par un maximum (1,05-1,07 pour 100) puis décroît continuellement.

L'étude des bromures correspondant aux hydrocarbures gazeux non saturés, obtenus à 500°, 550° et 600° dans le four de 64^{cm}, nous a montré

que la composition de leur mélange est à peu près la même aux trois températures de dissociation : environ 70-80 pour 100 de bromure d'éthylène et de propylène avec une proportion de bromures de butylène et d'amylène beaucoup plus faible et d'ailleurs décroissante ; nous avons pu, d'autre part, isoler et identifier le tétrabromure de butadiène, dont la proportion varie sensiblement de 4-7 pour 100 avec la température.

En dehors de ces constituants, nous avons constaté la présence de bromures d'hydrocarbures supérieurs à C^5.

L'étude des liquides nous a fourni les résultats suivants :

La proportion de liquide condensé va en diminuant lorsque la température augmente. La densité ainsi que l'indice de réfraction diminue d'abord, passe par un minimum, puis augmente très rapidement ensuite. En diminuant le débit liquide, ces variations sont déplacées vers des températures plus basses, tandis qu'en diluant avec un gaz inerte, ces variations sont déplacées vers des températures plus hautes, toutes choses restant égales d'ailleurs.

L'indice d'iode augmente rapidement avec la température, passe par un maximum (210) et diminue ensuite.

Les liquides condensés provenant de dissociations à différentes températures ont été distillés ; nous avons constaté que dès les plus basses températures de dissociation, on obtient des fractions passant déjà vers 30°, la majeure partie de l'hexadécène restant d'ailleurs inaltérée. Vers 550° (four de 64^{cm}), le pour-cent des différentes fractions, rapporté à l'hexadécène initial, passe par un maximum ; il reste très peu d'hexadécène non dissocié. Aux températures plus élevées, le liquide condensé commence à distiller vers 80° ; tout l'hexadécène est dissocié, et des fractions plus lourdes que ce dernier carbure prennent naissance. Vers 650° nous avons isolé et identifié le naphtalène.

Nous avons étudié les variations de l'indice de réfraction et de la proportion de brome fixé par les différentes fractions :

Les fractions distillant dans les mêmes intervalles de température ont des indices de réfraction allant en augmentant de la plus basse à la plus haute température de dissociation.

A mesure que les températures s'élèvent, les indices de réfraction se rapprochent tout d'abord de ceux des carbures mono- et diéthyléniques acycliques, puis de ceux des carbures cycliques non saturés et tendent enfin vers ceux des carbures aromatiques.

Les différentes fractions ont toutes donné lieu à une fixation de brome

égale et le plus souvent supérieure à celle des carbures monoéthyléniques.

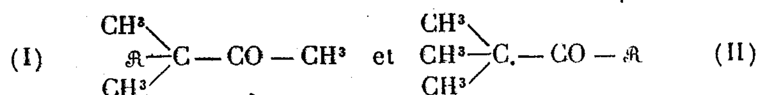
Les fractions légères sont beaucoup moins saturées que les fractions lourdes, autrement dit la proportion des carbures diéthyléniques va en augmentant lorsque le poids moléculaire diminue.

Aux températures élevées de dissociation, le pour-cent de brome fixé diminue, la proportion des carbures aromatiques formés augmentant régulièrement.

Il est à remarquer toutefois qu'à 600°, alors que les valeurs des indices de réfraction des différentes fractions sont élevées et se rapprochent de celles qui caractérisent les carbures aromatiques, le pour-cent de brome fixé est sensiblement égal à celui des fractions correspondantes obtenues à 500° et 550°, ce qui forme une preuve à l'appui de la formation de carbures cycliques non saturés comme termes intermédiaires de la cyclisation aromatique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la déshydratation de quelques nouvelles pinacones.* Note (1) de MM. **R. Locquin** et **L. Leers**, présentée par M. A. Haller.

Théoriquement les pinacones $(\mathfrak{R})(CH^3) = C(OH) - (OH)C = (CH^3)^2$, où $\mathfrak{R}$ représente un radical aliphatique saturé, peuvent, par déshydratation, donner naissance à deux pinacolines isomères



Jusqu'à présent on n'a étudié à ce point de vue que le triméthyléthylglycol $(C^2H^5)(CH^3)C(OH) - (OH)C = (CH^3)^2$ (2) et le triméthyl-tert. butylglycol $(C^4H^9_{tert.})(CH^3)C(OH) - (OH)C = (CH^3)^2$ (3), cas dans lesquels c'est la pinacoline correspondant à la formule (I), autrement dit la cétone en $- CO - CH^3$ qui prend naissance de préférence sinon exclusivement.

Il y avait intérêt, ne fût-ce qu'au point de vue pratique, à savoir ce que donnerait la déshydratation de diverses pinacones du même type.

(1) Séance du 10 juin 1924.

(2) Meerwein, *Lieb. Ann.*, t. 396, 1913, p. 255.

(3) Richard, *Ann. de Ch.*, t. 21, 1910, p. 391. — Locquin et Sung, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1179.

Pour être fixés sur cette question, nous avons préparé par action du CH^3MgI sur les α-hydroxycétones $(R)(CH^3) = C(OH) - CO - CH^3$ (1), quelques nouvelles pinacones du type envisagé et nous le savons déshydratées, comme le préconise Meerwein (2), au moyen de l'acide sulfurique concentré. Le produit de la déshydratation, préalablement entraîné par la vapeur d'eau, puis distillé dans d'assez larges limites fut alors soumis à l'action prolongée d'une solution hydro-alcoolique concentrée de semicarbazide libre afin d'obtenir la ou les semicarbazones de la ou des pinacolines qui avaient pris naissance.

Or, en partant des pinacones $(\mathcal{R})(CH^3) = C(OH) - (OH)C = (CH^3)^2$, où $\mathcal{R}$ fut successivement représenté par les radicaux *normaux* C^3H^7-, C^4H^9- et $C^5H^{11}-$, nous avons toujours obtenu abondamment, avec un point de fusion net et constant, des semicarbazones bien cristallisées dont nous avons régénéré, dans un état de pureté parfaite, les cétones auxquelles il convient d'attribuer la formule générale $(\mathcal{R})(CH^3)^2 \equiv C - CO - CH^3$.

En effet, par oxydation, ces pinacolines donnent presque quantitativement, *par départ d'un seul atome de carbone*, les mono-acides correspondants $(R)(CH^3)^2 \equiv C - COOH$.

Par rapport à la quantité de pinacone mise en jeu, ces pinacolines en $- CO - CH^3$ s'obtiennent avec un rendement qui ne dépasse guère 70 p. 100 de la théorie par suite de la production corrélative d'hydrocarbures non saturés. Mais — comme Meerwein l'avait d'ailleurs constaté dans l'unique cas étudié par lui $(\mathcal{R} = C^2H^5)$ — tout semble indiquer qu'elles soient les seules qui aient pris naissance. En tout cas, si leurs isomères en $- CO - R$ se sont également formées, c'est en quantité tellement faible qu'il nous a été impossible de les séparer et même d'isoler une trace des semicarbazones qui leur correspondent, bien que nous ayons eu recours à tous les moyens de contrôle susceptibles d'être mis à profit.

Entre autres expériences, afin d'avoir en mains les éléments de comparaison nécessaires, nous avons spécialement préparé les cétones du type II : $(CH^3)^3 \equiv C - CO - R$ par condensation du chlorure de pivaloyle avec les composés organo-zinciques $R - Zn - I$.

Nous nous sommes ainsi rendu compte qu'aucune confusion n'était possible car les cétones obtenues de cette manière ont un point d'ébullition légèrement inférieur à celui de leurs isomères en $- CO - CH^3$ et leurs dérivés (semicarbazones ou oximes) sont très différents.

---

(1) Locquin et Leers, *Bull. Soc. chim.*, Proc.-verb. du 20 juin 1924.

(2) Meerwein, *loc. cit.*, t. 419, 1919, p. 121 à 159.

Corps préparés. — 1° *Produit de la déshydratation du triméthyl-n-propylglycol :*



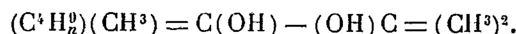
$$(C^3H^7_n)(CH^3) = C(OH)C = (CH^3)^2.$$

Il donne une *semicarbazone* fondant à 119°,5 dont fut régénérée la *4.4-diméthylhexanone-5* : $(C^3H^7_n)(CH^3)^2 \equiv C - CO - CH^3$ ($Eb_{745^{mm}} = 149°,5$; $D^0_4 = 0,838$) transformable en une *oxime* ($Eb_{12^{mm}} = 100°$-$101°$; P.F. = 58°).

L'oxydation de cette pinacoline au moyen de NaOBr a fourni (en dehors d'une trace d'oxy-acide ([1]) en $C^8H^{16}O^3$ fondant vers 68°) l'*acide diméthyl-n-propylacétique* $C^7H^{14}O^2$ ($Eb_{9^{mm}} = 98°$-$99°$) dont l'*amide* fond à 95°-96° ([2]). Son *chlorure* $C^6H^{13}COCl$ bout vers 45° sous 10^{mm} et son *éther méthylique* à 144°-145°.

Par contre, la *2.2-diméthylhexanone-3* : $(CH^3)^3 \equiv C - CO - C^3H^7_n$, qui est isomère de la pinacoline précédente, était déjà connue. MM. Haller et Bauer ([3]) l'ont extraite par distillation fractionnée des produits de l'éthylation de la pinacoline ordinaire et l'ont décrite comme bouillant de 146° à 148° et donnant une *oxime* fondant à 76°-77°. Nous avons préparé cette même cétone par condensation du chlorure de pivaloyle avec $C^3H^7_{(n)}ZnI$ et l'avons obtenue bouillant à 143°,5 sous 745^{mm} ($D^0_4 = 0,829$) après régénération de sa *semicarbazone* qui fond à 153°-154°. Elle donne effectivement une oxime fondant à 76°-77°.

2° *Produit de la déshydratation du triméthyl-n-butylglycol :*



$$(C^4H^9_n)(CH^3) = C(OH) - (OH)C = (CH^3)^2.$$

Il fournit une *semicarbazone* fondant à 130°-131° dont fut régénérée la *5.5-diméthylheptanone-6* $(C^4H^9_n)(CH^3)^2 \equiv C - CO - CH^3$ ($Eb_{735^{mm}} = 169°,5$; $D^{11}_4 = 0,834$), qui, sous l'action de NaOBr, a donné (à côté d'un peu d'acide α hydroxylé en $C^9H^{18}O^3$ fondant à 92°) l'*acide diméthyl-n-butylacétique* $C^8H^{16}O^2$ ($Eb_{12mm} = 117$-$119°$ ([4]) dont le *chlorure* bout à 56° sous 10^{mm} et l'*amide* fond à 92°.

Préparée, à titre comparatif, par condensation du chlorure de pivaloyle avec $C^4H^9_{(n)}ZnI$, la *2.2-diméthylheptanone-3* $(CH^3)^3 \equiv C - CO - C^4H^9_{(n)}$ bout à 164° sous 735^{mm} ($D^{11}_4 = 0,823$) après régénération de sa *semicarbazone* qui fond à 142-143°.

3° *Produit de la déshydratation du triméthyl-n-amylglycol :*



$$(C^5H^{11}_n)(CH^3) = C(OH) - (OH)C(CH^3)^2.$$

Il donne une *semicarbazone* fondant à 106° dont nous avons régénéré la *6.6-diméthyloctanone-7* : $(C^5H^{11}_n)(CH^3)^2 \equiv C - CO - CH^3$ ($Eb_{10^{mm}} = 75°$; $D^0_4 = 0,843$) que NO^3H ($d = 1,36$) bouillant transforme en *acide diméthyl-n-amylacétique* $C^9H^{18}O^2$ ($Eb_{12mm} = 130°$) donnant un *chlorure* ($Eb_{10mm} = 74°$-$75°$) conduisant à un *amide* fondant à 101°-102°.

([1]) Voir à ce sujet Richard et Langlais, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 7, 1910, p. 467, ainsi que Bertil Nyberg, *Berichte*, t. 55, 1922, p. 1963.

([2]) Cet acide et son amide ont déjà été préparés différemment par MM. Haller et Bauer, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 129.

([3]) Haller et Bauer, *Ann. de Chim.*, t. 29, 1913, p. 323.

([4]) Déjà obtenu un peu différemment par Meerwein, *Lieb. Ann.*, t. 419, 1919, p. 149.

Quant à la 2 2-*diméthyloctanone*-3 : $(CH^3)^3 \equiv C - CO - C^5H^{11}_{(n)}$ (obtenue par le chlorure de pivaloyle + $C^5H^{11}_n ZnI$) elle bout à 72° sous 10^{mm} $D^0_4 = 0,834$) après régénération de sa *semicarbazone* qui fond à 139°-140°.

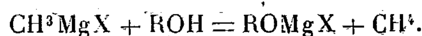
CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur l'indice d'acétyle des matières grasses.* Note [1] de MM. E. RAYMOND et G. CLOT, présentée par M. A. Haller.

L'indice d'acétyle, utilisé pour le dosage des fonctions alcools des corps gras, exprime le nombre de milligrammes de potasse, nécessaires pour neutraliser l'acide acétique, provenant de la saponification de 1^g de corps gras acétylé.

La méthode de Lewkowitsch, que l'on suit officiellement pour cette analyse, exige deux déterminations d'acides solubles ou volatils, sur la matière grasse acétylée et non acétylée; on se dispense souvent d'effectuer le second de ces dosages, diminuant ainsi l'exactitude d'un résultat, qui implique des opérations complexes et assez peu précises.

Divers auteurs [2], [3] ont essayé également de modifier la méthode de Lewkowitsch, mais sans arriver, semble-t-il, à une solution parfaite.

Hibbert et Sudborough, puis Tschugaeff et Zerewitinoff [4], utilisèrent pour le dosage de la fonction alcool une méthode, dont le principe a été indiqué par Grignard et Teissier : elle consiste à mesurer le volume d'hydrocarbure produit par action d'un dérivé organo magnésien gras sur un alcool



$$CH^3MgX + ROH = ROMgX + CH^4.$$

Cette réaction a lieu également avec l'hydrogène des groupes : acide, sulfhydrile, amide, imide et ne peut donc servir, qu'en l'absence de ceux-ci, au dosage des hydroxyles alcooliques.

Zerewitinoff a essayé bien des solvants, pour le corps à doser, mais

(1) Séance du 10 juin 1924.

(2) ANDRÉ, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 984.

(3) BIAZZO, *Industria delle olei e dei grassi*, 1923, p. 63. — ELSBACH, *Chemische Umschau*, 1923, p. 235.

(4) TSCHUGAEFF et ZEREWITINOFF, *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, t. 40, 1907, p. 2023; t. 41, 1908, p. 2233; t. 43, 1910, p. 3590; t. 47, 1914, p. 1659. — Voir également les modifications de ODDO, *Berichte*, t. 44, 1911, p. 2040; et JOB et REICH, *Bulletin de la Société chimique*, t. 23-24, 1923, p. 1415.

en préparant constamment le magnésien au sein de l'oxyde d'amyle, qui présente l'avantage d'avoir une tension de vapeur pratiquement nulle à la température ordinaire; il a déterminé l'indice d'alcoyle d'un certain nombre de matières grasses (¹), avec une précision ne dépassant pas 1 pour 100; on ne peut malheureusement juger de la valeur de sa méthode, car il s'est contenté de comparer ses résultats à ceux puisés dans la littérature chimique.

Nous avons simplifié et rendu plus précise la méthode de Zerewitinoff, en utilisant constamment comme solvant de l'organomagnésien et du corps gras, un éther phénolique : l'anisol, qui présente sur les solvants utilisés jusque-là l'avantage d'être facile à préparer et de ne pas réagir du tout sur l'organo magnésien.

Nous avons appliqué cette méthode au dosage des fonctions alcools des corps gras industriels. Ceux-ci sont généralement acides, et les résultats des mesures expriment alors la teneur totale de la matière en oxhydriles, ce que Tschugaeff et Zerewitinoff ont appelé l'indice d'hydroxyle a de la substance. Il est donc nécessaire de déterminer l'acidité, n' du corps gras (nombre de milligrammes de potasse, que peuvent neutraliser les acides libres de 1^g de corps gras); le nombre x, d'hydroxyles, contenus dans 1^g a donc pour expression

$$x = a - \frac{n}{56000} = a - 0,0000179n,$$

et l'indice d'acétyle A s'exprime alors en fonction de cet indice d'alcoyle par la relation

$$A = \frac{56000x}{1 + 42x}.$$

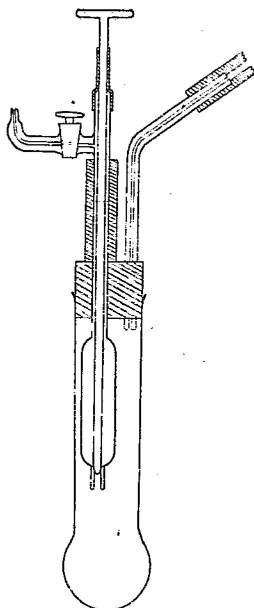
L'indice a (rapporté à 1^g de substance) s'exprime en fonction du volume V de méthane, dégagé par p grammes de corps, mesuré sous la pression H et la température absolue T par la relation

$$a = 0,000162 \frac{V^{cm^3} H^{cm}}{p^{gr} T}.$$

Pratique du dosage. — Pour obtenir des résultats exacts, il faut naturellement opérer en l'absence de toute trace d'humidité; la matière à doser doit être séchée, pendant un jour ou deux, dans un dessiccateur, sur de l'acide sulfurique ou de l'anhydride phosphorique; il convient aussi de ne

(¹) ZEREWITINOFF, *Zeitschrift für analytische Chemie*, t. 52, 1913, p. 729.

verser que peu à peu l'organo magnésien dans la solution du corps dans l'anisol très sec; nous avons utilisé dans ce but un dispositif permettant de simplifier le dosage; le tube à réaction est un petit ballon rond de 50^{cm^3},



surmonté d'un col très large, fermé par un bon bouchon de caoutchouc : celui-ci est traversé par un tube à dégagement relié à une burette de Bunte, et par une pipette obturée par un pointeau, que l'on peut manœuvrer de l'extérieur, ce qui permet de faire couler goutte à goutte le magnésien de la pipette dans le tube à réaction.

On évite toute correction sur les volumes gazeux, en opérant toujours à la température du laboratoire; toutefois, si celle-ci s'abaisse trop, il faut réchauffer légèrement le tube à réaction pour faciliter l'action du magnésien.

Celui-ci absorbe rapidement l'oxygène de l'air, surtout s'il a été récemment préparé, mais au bout de quelque temps, toutes choses restant égales, cette absorption diminue beaucoup, en sorte qu'avec un tel produit, le volume de méthane dégagé dans un dosage devient rapidement constant, ce qui évite d'opérer dans un gaz inerte. Cependant, il peut exister encore à la fin des mesures, donc pendant le dosage, une légère absorption dont il est facile de tenir compte, en effectuant une correction, qui représente le volume de gaz absorbé par le magnésien.

La durée d'une mesure elle-même ne dépasse jamais une heure, et les

résultats obtenus sont en bon accord avec ceux que fournissent les méthodes ordinaires, infiniment plus longues et plus compliquées.

Substance.	Poids utilisé.	Volume de méthane dégagé.	Tempé-rature.	Pression (cor-rigée).	Acidité (COOH %).	OH par molécule.	Indice d'acétyle selon M. André.	Indice d'acétyle selon méthode décrite.
		cm³	°					
Acide stéarique	0,281	22,9	15	766		0,998		
Huile de ricin	0,335	24,2	21	763	0,000035		149,5	149,2
Huile de pépin de raisin (¹).	0,490	24,6	12	766	0,0015		37,9	37,5
» » (²).	0,520	31,0	18	766	0,00186		36	37

CHIMIE INDUSTRIELLE — *Sur la quantité et la nature des gaz dégagés par les combustibles solides sous l'action de la chaleur et du vide : lignites.* Note (³) de MM. **P. Lebeau** et **P. Marmasse**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'application du procédé de fractionnement thermique des produits gazeux de la carbonisation des combustibles solides, décrit antérieurement par l'un de nous (⁴), à l'étude des lignites, a conduit aux résultats qui font l'objet de la présente Note. Nos essais ont porté sur sept échantillons, dont nous donnerons tout d'abord les caractéristiques (Tableau I).

Tableau I.

Désignation de l'échantillon.	Cendres pour 100.	Eau.	Matières volatiles, humidité déduite.
I. Lignite de Montferrat	13,40	19,84	24,16
II. Lignite libreux (provenance inconnue)	13,30	3,20	26,80
III. Lignite de Voglans (Savoie)	10,40	46,61	30,26
IV. Lignite de Manosque maigre (Basses-Alpes)	14,21	15,50	31,50
V. Lignite de Manosque gras	4,03	1,70	32,70
VI. Lignite de Manosque-Fuveau	19,50	10,50	33,70
VII. Lignite de Saint-Paulet-du-Caisson (Gard)	12,22	21,13	33,87

(¹) Huile extraite en 1922 de pépins récoltés en 1918.

(²) Huile extraite en 1922 de pépins récoltés en 1922.

(³) Séance du 10 juin 1924.

(⁴) P. Lebeau, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 319 et 458; t. 178, 1924, p. 391.

En totalisant les volumes gazeux, recueillis au cours de la carbonisation fractionnée de ces lignites, nous avons pu évaluer le rendement en gaz par tonne. Afin de faciliter la comparaison de ces divers combustibles entre eux, il nous a paru intéressant de rapporter ces volumes à la tonne de chacun d'eux, considérés comme exempts de cendres et d'humidité. Il a été possible, dans la plupart des essais, de peser les goudrons lourds déposés dans la partie froide du tube de quartz servant à la carbonisation, ainsi que le coke résiduaire. Le Tableau II ci-dessous comprend l'ensemble de ces résultats :

TABLEAU II.

Numéro de l'échantillon.	Coke par tonne.	Goudrons par tonne.	Volumes gazeux par tonne.	Volumes gazeux par tonne (humidité et cendres déduites).
	kg	kg	m³	m³
I	560	»	228,77	344,5
II	640	60	286,95	343,5
III	290	20	181,59	422,3
IV	520	50	254,09	370,0
V	630	175	159,74	169,1
VI	540	70	269,99	377,0
VII	450	»	242,07	371,5

Le lignite de Manosque gras (V) se différencie des autres combustibles examinés, par un rendement en gaz très inférieur (environ 50 pour 100 en moins). Ceci s'explique par la forte proportion des goudrons produits et fait ressortir la nature bitumineuse de ce charbon. Au contraire, le lignite de Voglans (III) ne fournit que peu de goudrons, mais donne un grand volume gazeux, ce qui en fait un lignite d'allure anthraciteuse.

Nous avons déduit la composition centésimale de chaque mélange gazeux total, de l'ensemble des résultats fournis, par l'analyse des diverses portions du fractionnement correspondant. Le Tableau suivant (III) comprend, en plus de ces déterminations, l'évaluation des teneurs en gaz combustibles :

TABLEAU III.

Composition centésimale des mélanges gazeux totaux extraits jusqu'à 1000°.

Numéro de l'échantillon.	H.	CO.	CH^4	C^2H^6 et C^3H^8.	C^nH^{2n}.	CO^2.	H^2S.	N et indéterminés.	Gaz combustibles.
									%
I	54,85	22,18	6,49	0,43	0,36	10,17	5,47	0,05	89
II	55,60	18,00	16,35	1,98	0,97	5,83	0,13	1,14	94
III	47,00	23,40	3,15	0,65	0,25	21,60	0,41	3,54	78
IV	47,60	20,30	11,61	2,33	0,86	10,95	6,18	0,17	89
V	44,80	16,36	10,61	2,50	1,00	12,71	10,37	1,66	87
VI	49,10	18,39	15,10	2,35	0,70	10,35	3,92	0,09	89
VII	47,15	23,80	7,99	1,14	0,75	12,38	6,66	0,13	87

La proportion de la partie combustible varie peu dans ces mélanges. Elle reste presque toujours voisine de 90 pour 100. Il en est de même de la teneur en hydrogène, dont les valeurs extrêmes sont 44,8 et 55,6 pour 100.

Les courbes représentatives du fractionnement thermique des gaz de carbonisation de ees lignites, qui ne peuvent trouver place ici, fournissent d'utiles indications sur le départ progressif des divers constituants des mélanges gazeux. Nous indiquerons seulement les résultats se rapportant aux mélanges totaux et à l'hydrogène.

Pour les trois échantillons, II, III et VI, le dégagement des gaz déjà très sensible à 300°, croît régulièrement jusqu'à 700°, où il passe par un maximum pour diminuer ensuite assez rapidement jusqu'à 900°. Les volumes gazeux recueillis à 1000° sont respectivement $15^{m^3},80$, $11^{m^3},60$ et $17^{m^3},67$ à la tonne. Les autres échantillons, I, IV, V et VII se comportent différemment. Le départ des gaz s'effectue avec un retard de 100°, les maxima sont à 800° et les volumes gazeux extraits à 1000° sont en général plus élevés (17 à 27^{m^3} à la tonne).

L'hydrogène n'apparaît pas dans les gaz au-dessous de 400°. Le maximum du dégagement se produit à 700° ou à 800°, selon qu'il s'agit d'un lignite donnant son plus grand volume de gaz à l'une ou l'autre de ces températures. Il varie de 22^{m^3} à 76^{m^3} à la tonne, mais dans le plus grand nombre de cas reste voisin de 32^{m^3}. La teneur en hydrogène du mélange extrait au maximum de dégagement de ce gaz est voisine de 60 pour 100. Elle croît au delà de cette température, mais moins rapidement que pour les houilles et les anthracites. Sauf dans le cas très exceptionnel de lignite fibreux (II), qui donne 14^{kg} d'hydrogène à la tonne et qui est une sorte de bois fossile dont les cendres, presque complètement formées de silice, ont conservé la forme même des fibres, le poids d'hydrogène fourni par une tonne des divers lignites étudiés va de 8^{kg} à 12^{kg}. Dans les mêmes conditions, les houilles permettent d'obtenir 13^{kg} et les anthracites (types Pays de Galles, Alais) 25^{kg} de ce gaz.

GÉOLOGIE. — *Les grès feldspathiques de la chaîne hercynienne et les produits d'évaporation permo-triasiques.* Note de **L. Cayeux**, présentée par M. H. Douvillé.

1. Les grès feldspathiques ont joué un rôle considérable et insoupçonné dans la constitution de la chaîne hercynienne, et l'on peut ajouter qu'ils viennent au premier rang parmi les produits du démantellement de cette

chaîne. Dès le Westphalien, les grès houillers sont feldspathiques, mais il faut arriver au Stéphanien pour que les feldspaths, d'éléments accessoires qu'ils étaient à l'époque précédente, deviennent des matériaux véritablement essentiels. Tels de ces grès, provenant du Massif Central, sont littéralement pétris de feldspaths, et c'est par ignorance, autant que par abus de langage, que l'on continue à appeler grès des roches à base de feldspaths détritiques.

Ce qui est vrai pour les grès, qui font partie constituante des témoins de la chaîne hercynienne, l'est également pour la série très puissante des grès permo-triasiques, dans lesquels on voit, à juste titre, des produits de la destruction de la chaîne. Les « grès rouges » et d'une manière générale les grès permiens et triasiques de l'Europe centrale et occidentale sont également des grés feldspathiques, et il en est parmi eux qui ne sont plus des grès à proprement parler, tant les feldspaths l'emportent sur les grains de quartz.

Bref, les grès qui se groupent tout naturellement autour de la chaîne hercynienne contiennent au total une masse exceptionnellement importante de feldspaths. Mais ces feldspaths sont loin de représenter la totalité des matériaux feldspathiques extraits des roches éruptives, au moment où les grès en question ont été engendrés. A coup sûr, une foule d'éléments ont été anéantis, si l'on peut dire, par trituration et par décomposition. Nul doute qu'il ne faille leur faire uue place, et une très grande, dans le complexe des phénomènes en vue.

2. Les feldspaths, incorporés aux grès houillers, permiens et triasiques, dérivent en très grande majorité de la famille du granite, à laquelle il faut également rapporter beaucoup de muscovite, et, parfois, une grande quantité de biotite. Ces feldspaths fournissent des représentants de toutes les espèces, les plus basiques exceptées, avec très grande prédominance des formes acides. L'orthose abonde, et le microcline revêt souvent une grande fréquence. Dans leur ensemble, les feldspaths des grès se signalent par des états de conservation extrêmement variés. Ici, grains et cristaux témoignent d'une grande fraîcheur, qui ne laisse pas que de surprendre; là, ils sont profondément altérés. Au surplus, on voit fréquemment, côte à côte, des individus intacts et des éléments très décomposés. Le fait semble défier toute explication lorsque cette différence s'observe dans des feldspaths de même espèce, réunis dans une même préparation. La seule interprétation plausible de cette particularité est que ces minéraux étaient déjà décomposés au moment de leur mise en place.

De ce que les feldspaths sont plus ou moins nombreux et leur altération

plus ou moins avancée, les quantités de potasse et de soude conservées dans le grès sont sujettes à variations. Par exemple, un grès houiller de Saint-Étienne renferme 4,28 pour 100 de potasse et 1,94 de soude, sans trace de chaux. Un grès houiller de la Mure ne m'a donné que 1,24 pour 100 de potasse et 1,06 de soude. Un grès rouge permien de Lison (Calvados) a fourni 1,75 pour 100 de potasse et 3,75 de soude. Ces différences fort appréciables, entre des grès de richesse comparable en feldspaths, tiennent avant tout à ce que, dans un type donné, des feldspaths en grand nombre ont éliminé tout ou partie de leurs alcalis, alors que dans un autre leur altération est moins avancée.

De cet état de choses je ne veux retenir qu'un fait, hors de discussion, me semble-t-il : des feldspaths potassiques, sodiques et calco-sodiques, réunis en nombre infini dans les grès, ont été une source de potasse, de soude et de chaux. A cette source il faut ajouter celle, non moins importante, des feldspaths totalement détruits. On est donc fondé à conclure que *le rôle exceptionnel joué par les grès feldspathiques, aux temps carbonifères, permiens et triasiques, est synonyme de source exceptionnellement importante de potasse, de soude et de chaux pour les eaux de l'époque*. A ces bases il faut ajouter la *magnésie* empruntée à la biotite, que nous savons parfois très développée dans les roches-mères.

3. Est-ce par suite d'une coïncidence toute fortuite que l'on voit cet épisode de démantellement de la chaîne et de formation de grès feldspathiques, complété par le dépôt de produits salifères, développés à une échelle qui n'a jamais été égalée? N'y a-t-il pas au contraire un lieu génétique extrêmement étroit entre les deux phénomènes? Telle est la question qui se pose.

Elle me paraît résolue, cette question, par le fait qu'à l'élimination exceptionnelle de potasse, soude, etc., correspond une élaboration, non moins exceptionnelle, de sels de potasse, de soude, de magnésie et de chaux, d'origine lagunaire, et que la formation des puissants gisements de grès permo-triasiques coïncide dans le temps et dans l'espace avec la concentration des sels potassiques et sodiques la plus importante du monde.

Pour tout dire, il faut noter qu'à l'époque permienne la genèse des dépôts salifères a été grandement favorisée par une circonstance spéciale. De par les conditions réalisées une quantité exceptionnelle de potasse et de soude a été mise à la disposition des eaux en un temps où les surfaces submergées étaient considérablement réduites dans l'Europe centrale et occidentale. De là, une extrême concentration au Permien supérieur et la formation de puissants dépôts d'évaporation qui en est la conséquence.

Dans cette conception, les produits d'évaporation permo-triasiques, et notamment ceux de Stassfurt, résulteraient, en dernière analyse, de la démolition de la chaîne hercynienne, et pour plus de précision, de la destruction de roches éruptives, principalement granitiques, qui paraissent avoir joué un rôle particulièrement important dans la constitution de cette chaîne. En fin de compte, les produits salifères permo-carbonifères se groupent autour de la chaîne hercynienne, comme les minerais de fer oolithique s'ordonnent autour des chaînes successives.

De plus en plus, l'unité chaîne de montagnes permet de coordonner des faits dépourvus de liens apparents et, finalement, de tirer de leur rapprochement des vues synthétiques qui intéressent, au premier chef, le domaine si peu connu de la pétrogenèse.

GÉOLOGIE. — *Sur les unités tectoniques des Sierras del Cadi, de Port del Compte et de quelques massifs voisins* (Pyrénées catalanes). Note de M. **Gaston Astre**, présentée par M. Pierre Termier.

Des recherches en cours, commencées en 1922 dans les Pyrénées catalanes à l'est de la vallée transversale du Sègre, me permettent de donner une idée de la structure de ce pays où, *sous l'Oligocène discordant du Bassin de l'Èbre, on voit sortir une nappe de recouvrement ayant marché vers le Nord et chevauchant la couverture sédimentaire de la zone axiale.*

Si l'on considère par exemple la partie médiane de la région comprise entre Sègre et Llobregat (¹), on distingue très nettement ces diverses unités et l'on reconnaît du Nord vers le Sud les éléments suivants.

I. *Couverture sédimentaire de la zone axiale.* — C'est la série de la Sierra del Cadi proprement dite. Elle commence au Nord par un Stéphanien à *Pecopteris arborescens*, reposant sur la ligne d'affleurements éruptifs qui jalonnent en cette contrée la limite Sud de la zone axiale. Au-dessus viennent en concordance, les grès, poudingues et argiles rouges de la totalité du Permien et du Trias inférieur. Le Muschelkalk est représenté au sud du Coll de Creus par les calcaires à fucoïdes et les cargneules, puis le Keuper par ses argiles bariolées et son gypse. Viennent ensuite les calcaires gréseux à Hippurites, Radiolites, etc. et les grès du Crétacé supérieur, qui débute à sa base par un poudingue siliceux blanc, d'au

(¹) *Mapa militar de España,* au $\frac{1}{100000}$, en courbes. Hojas 86 y 62 (*Seo de Urgel*).

moins 80^{m} de puissance; leur ensemble correspond à la majeure partie de la falaise de la Sierra. Au-dessus repose l'Éocène, calcaire dans sa partie inférieure (*Nummulites atacicus*, *Alveolina sub-pyrenaïca*, etc.), marneux dans sa partie moyenne (*Nummulites exponens*, *levigatus*, etc.). Enfin les conglomérats de l'Éocène supérieur ne sont guère visibles qu'au sud de Collado El Colell; l'existence d'une discordance tectonique à leur base indique même qu'ils ne sont qu'un lambeau du soubassement déjà traîné sur les marnes nummulitiques par la nappe sus-jacente.

Tous ces niveaux forment dans la Sierra del Cadi proprement dite une seule série isoclinale plongeant vers le Sud ; tandis que vers la terminaison occidentale de la Sierra, les terrains secondaires de base s'accidentent d'un certain nombre d'anticlinaux qui font apparaître des langues de Muschelkalk et de Keuper au milieu de Crétacé (Coll de Vans, San Prony, Montargull, etc.).

La couverture sédimentaire normale de la zone axiale des Pyrénées, dont il vient d'être question, est en place ou présente tout au plus un glissement de détail vers le Nord pouvant amener quelques suppressions, principalement dans les niveaux triasiques de base.

2. *Nappe charriée vers le Nord.* — Sur les marnes bleues de l'Éocène moyen formant dans l'ensemble le sommet de la série isoclinale normale de Cadi repose une autre série normale, plongeant également vers le Sud. La limite frontale de cette nouvelle unité est jalonnée par cinq affleurements de Keuper appartenant à la base étirée de cette unité et reposant sur les marnes nummulitiques; le plus important existe à Josa del Cadi, près de Santa Maria; un autre est situé au pied nord de Puig Callinié; les trois autres sont dans le ravin compris entre Cornellana, le sentier de Bacanella et le moulin de Fornols. Au-dessus vient un Lias très épais, très dolomitique, dont le Charmouthien et le Toarcien sont souvent très fossilifères (*Ægoceras capricornu*, *Hildoceras bifrons*, etc.). Des dolomies noires représentent près de Tuxent le Jurassique moyen. La série se continue par un Crétacé supérieur important, dans lequel on peut citer de nombreux niveaux riches en fossiles, par exemple le Santonien à *Præradiolites sinuatus* de Port del Compte, le Maëstrichtien à *Ostrea vesicularis* de la Collada de Molas, le Garumnien à *Cyrena laletana* du Col de Gosol. La succession se termine par le Nummulitique calcaire et même, aux environs de Canbrils, par les poudingues de l'Éocène supérieur.

Cet ensemble est donc plus complet, stratigraphiquement parlant, que celui du substratum, surtout par la présence du Lias et du Jurassique moyen.

Il s'agit bien d'une nappe de recouvrement. Le front nord du charriage

est des plus nets au pied du versant sud de la Sierra del Cadi. On le suit, par les lambeaux de Trias déjà mentionnés et suivant une ligne passant par Collado El Collel, Josa, Collado Juvel, Cornellana, Fornols. Cette région frontale ne repose pas partout sur les mêmes niveaux du substratum. Dans la première de ces localités, elle est située sur les conglomérats de l'Éocène supérieur, puis en se déplaçant vers l'Ouest on la suit sur les marnes bleues de l'Éocène moyen jusqu'en une zone intermédiaire entre Collada Juvel et Cornellana; plus à l'Ouest, elle vient directement au contact de l'Éocène calcaire inférieur. La terminaison en biseau des marnes nummulitiques du substratum, qui constituent une bande si régulière à l'Est et qui se perdent entre Collada Juvel et Cornellana, est donc due à leur dépassement par la nappe supérieure.

A mi-distance entre Cadi et les vallées du Rio Agua de Valls et du Cardener, la nappe est percée d'une fenêtre tectonique qui correspond à la dépression visible au sud de Gosol. Là, le Garumnien constitue tous les bas-fonds, alors que, à l'ouest de la dépression, des lambeaux de poudingues nummulitiques situés au-dessus de ce Garumnien sont à la base de tout le Crétacé de la Sierra de Catarro. De même, sur la lisière sud de cette fenêtre, on voit les pentes situées au-dessus du Garumnien débuter par le Trias salifère de Gosol qui se place à la partie inférieure de l'ensemble crétacé du Col de Gosol.

C'est également en fenêtre qu'apparaît à la lisière sud de la nappe, la région nummulitique des environs de San Lorenzo de Morunys. Là, on constate notamment que tout le massif crétacé et nummulitique de la Sierra del Port del Compte repose au Sud et à l'Est sur l'Éocène moyen et supérieur de San Lorenzo qui disparaît en profondeur suivant une ligne périphérique allant de Coll de Jou à la Coma.

Le régime auquel a obéi la progression de cette nappe est celui des nappes du deuxième genre, avec failles plates, étirements et suppressions de série. En outre, cette nappe présente une certaine disharmonie de plissement (Tuxent) qui se manifeste entre sa série inférieure triasico-liasique et sa série supérieure crétacée et nummulitique plus massive.

3. *Bordure oligocène post-pyrénéenne du bassin de l'Èbre.* — Toutes les unités précédentes, que ce soit suivant les lieux, le substratum ou la nappe, s'enfoncent au Sud sous les formations discordantes du bassin de l'Èbre, représentées en bordure par des grès marneux jaunâtres et surtout par des conglomérats très épais, formés principalement par des éléments de la zone primaire axiale. Ce dernier caractère les distingue des conglomérats de

l'Éocène supérieur repris dans les plissements pyrénéens, qui possèdent comme éléments dominants des galets provenant des calcaires crétacés et nummulitiques.

Conclusion. — *La mise en évidence, au Sud de la Sierra del Cadi, du charriage qui fait l'objet de la présente Note, et dont l'ampleur directement observable, est d'une vingtaine de kilomètres, confirme l'existence des mouvements vers le Nord, dans le versant méridional des Pyrénées*, tels qu'ils ont été annoncés en 1914 par MM. Jacob et Fallot sous le nom de Nappe de Montsech, à l'Ouest de la vallée transversale du Sègre. Mais tandis que dans cette dernière région on observe déjà un faible contre-charriage paléozoïque vers le Sud par encapuchonnement de cette nappe du Montsech dans la zone primaire axiale, dans la région comprise entre Sègre et Lbobregat au contraire, seule la poussée au Nord semble avoir eu largement libre cours. Le méridien qui passe par la Sierra del Cadi est celui où les Pyrénées montrent avec le plus d'ampleur et sans perturbation une uniformité de recouvrement du Sud vers le Nord, aussi bien sur le flanc Nord que sur le flanc Sud de la zone axiale.

GÉOLOGIE. — *Évolution tectonique du relief des Vosges méridionales pendant le Quaternaire, et solution du problème de Noir-Gueux.* Note (1) de M. de Lamothe, transmise par M. W. Kilian.

De nouvelles recherches sur les phénomènes de transport des Vosges méridionales m'ont conduit à des conclusions qui complètent celles que j'avais formulées en 1897 (2).

Les traits principaux de la structure de cette partie des Vosges sont dus à des mouvements tectoniques. Les divers massifs y sont séparés par des fractures plus ou moins rectilignes, le long desquelles ils se sont déplacés verticalement, comme des voussoirs; ces déplacements, dont l'amplitude a été en augmentant de la périphérie vers l'axe de la chaîne, ont donné aux massifs une disposition en gradins d'autant plus caractéristique, que ces gradins sont souvent recouverts par des lambeaux de grès vosgien en couches horizontales, représentant l'ancienne surface. La formation des vallées est intimement liée au jeu de ces fractures que je qualifierai de *prin-*

(1) Séance du 10 juin 1924.

(2) De Lamothe, *Note sur les terrains de transport de la haute Moselle* (*Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3e série, t. 25, 1897, p. 378-439).

cipales, et de fractures *secondaires*, en général parallèles, qui ont probablement pris naissance pendant le déplacement des voussoirs. Les vallées étroites, à section plus ou moins triangulaire, correspondent à des fractures simples, dont les deux lèvres sont restées relativement fixes. Les vallées larges, à fond plat et à flancs rectilignes et parallèles, ont été au contraire produites par l'affaissement *relatif* d'une bande comprise entre deux fractures; pendant que cette bande s'affaissait, le jeu des fractures voisines a déterminé la formation sur chaque versant de gradins étagés, que recouvrent parfois des lambeaux de grès vosgien. Des cassures transversales ont, en même temps, donné naissance à des vallons latéraux et à des cirques.

Une section parallèle à la Moselle, faite sur la rive droite entre Longegoutte et les hauteurs au nord d'Archettes, montre nettement la structure des différents massifs et leur mode de formation. Des faits identiques peuvent être observés dans tout le bassin de la haute Moselle, et la disposition en gradins peut également être constatée dans les collines sous-vosgiennes, notamment dans celles qui s'étendent entre la rive gauche de la Moselle et les grandes failles de Xertigny et d'Aillevillers.

Une deuxième conclusion, c'est que la plupart des mouvements tectoniques, auxquels les Vosges doivent leur relief et leur structure, sont postérieurs au Pliocène ancien. A cette époque, le relief relatif des massifs de la rive droite de la Moselle était encore très faible; ils présentaient déjà une disposition en gradins, mais leur altitude au-dessus des collines sous-vosgiennes, qui étaient alors plus basses de 200^m, n'atteignait peut-être pas 300^m. Jusqu'à la fin de la ligne de rivage de 200^m, cette situation ne s'est pas sensiblement modifiée; les vallées intérieures étaient encore à peine ébauchées, et les eaux du bassin de la haute Moselle s'écoulaient vers la Saône par les dépressions des collines sous-vosgiennes entre Château-Lambert et Remiremont; le Rhin à cette époque coulait également vers la Saône par la vallée du Doubs [1].

L'abaissement de la ligne de rivage de 200^m a coïncidé avec la surrection définitive des Vosges et des collines sous-vosgiennes; la Moselle et le Rhin ont cessé de couler vers la Saône, et les seuls changements qui aient eu lieu depuis cette époque dans la haute Moselle ont été des effondrements de faible amplitude, limités en général au fond des vallées; les deux plus importants se sont produits entre la faille de Mossoux et Noir Gueux à la fin de la ligne

[1] De Lamothe, *Sur le passage du Rhin par la vallée du Doubs, et la Bresse pendant le Pliocène* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 666).

de rivage de 100^m, et en amont de Noir Gueux après celle de 19^m. Au début de cette nouvelle phase, la Moselle, barrée près d'Eloyes par le soulèvement des collines sous-vosgiennes, a été occupée par un grand lac (lac de la haute Moselle), dont l'altitude initiale a été de 621^m.

L'abaissement de la ligne de rivage de 100^m a provoqué l'affaissement de la vanne d'Eloyes, et du fond de la vallée entre la faille de Mossoux et Noir Gueux; les nappes régulières de 59, 31 et 19^m ont pu alors remonter jusqu'à Noir Gueux. C'est pendant cette phase que s'est formé le barrage de Noir Gueux, que l'on a assimilé à une moraine, bien que sa structure et sa composition soient *absolument* inconciliables avec cette hypothèse. Sa formation s'explique au contraire sans difficulté en se basant sur les données ci-après

La nappe de 59^m a occupé le fond de la vallée entre Arches et Noir Gueux, avec une épaisseur de 50^m; à Saint-Jean-Xouard, elle s'élevait à la cote 423, un peu plus haut que le barrage. Cette nappe s'étendait nécessairement en amont, mais pour expliquer le *déblaiement total* de la dépression que devait ultérieurement occuper le lac de Remiremont, il faut absolument admettre que le lit rocheux se relevait brusquement de 40^m environ à partir de Saint-Jean-Xouard. Les nappes de 31^m et de 19^m n'ont donc pas pu remonter au delà du seuil; en amont d'Arches, elles cessaient d'être parallèles à la nappe de 59^m, dans laquelle elles sont totalement emboîtées, et leur pente croissait progressivement jusqu'au seuil. Pendant leur formation, le creusement des alluvions qui remplissaient le fond de la vallée a été très limité, au voisinage de Noir Gueux, en raison de la proximité et de l'altitude du seuil, et de l'action latérale de la Suche, et il en est résulté qu'au moment de l'effondrement du fond en amont de Noir Gueux, qui a eu lieu vers la fin de la nappe de 19^m, ces alluvions ont formé un grand barrage transversal plus élevé de $35\text{-}40^m$ que la zone effondrée, et qui a maintenu pendant longtemps le niveau du lac de Remiremont à une cote voisine de 405. Le barrage de Noir Gueux est donc simplement un résidu de la nappe alluviale de 59^m; sa position est la conséquence du mouvement tectonique qui a déterminé l'effondrement de la vallée un peu en amont; son tracé concave est dû à la présence du Rocher de Noir Gueux et au grand méandre qu'a décrit la Moselle sur la rive gauche, après la disparition du lac; enfin les particularités que présente sa surface sont le résultat des érosions qu'elle a subies pendant la formation des nappes de 31^m et de 19^m.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Valeur et variations du champ électrique terrestre au Val-Joyeux près Paris.* Note [1] de MM. **Ch. Maurain**, **E. Salles** et **G. Gibault**, transmise par M. Daniel Berthelot.

De beaux travaux ont été effectués en France par plusieurs physiciens, en particulier par B. Chauveau, sur le champ électrique terrestre, mais il n'y existait pas, à notre connaissance, d'installation permettant l'enregistrement continuel de la valeur réelle de ce champ. C'est une telle installation qui a été réalisée à l'Observatoire du Val-Joyeux, à Villepreux (Seine-et-Oise) et fonctionne sans interruption depuis le 1er mars 1923.

La différence de potentiel qui est mesurée est celle existant entre un sol herbeux plat et une prise de potentiel placée à 2^{m} au-dessus du sol; cette prise est une préparation au radium de 6^{cm} de diamètre, fixée au milieu d'un fil métallique de $16^{m},5$ de longueur tendu parallèlement au sol; les extrémités du fil sont reliées à des supports isolants constitués par des cylindres d'ambre dont la surface est maintenue sèche par de l'acide sulfurique; l'un des supports est porté par un poteau, l'autre par la paroi d'une cabane en bois construite en plein champ pour ces mesures. Dans cette cabane est l'enregistreur; il comprend un électromètre de Benndorf à quadrans; l'aiguille porte une tige terminée par un petit levier qu'un contact électrique fait appuyer toutes les minutes sur une feuille de papier carbone qui est ainsi mise au contact d'une bande de papier enregistreur dont la vitesse est de 4^{cm} à l'heure; sur le papier enregistreur se trouvent ainsi imprimés des points à des intervalles de temps égaux à une minute.

L'étalonnage se fait une fois par semaine à l'aide d'une batterie de piles Féry. La sensibilité de l'appareil en service correspond à environ 9^{mm} pour un champ de 100 volts par mètre.

Le champ électrique, dont les surfaces de niveau sont parallèles au sol, est généralement dirigé vers le bas; il présente des variations rapides et de grande amplitude, avec de fréquents changements de signe. Avec la sensibilité qui vient d'être indiquée, et qui est utile pour permettre une étude détaillée des variations, il arrive parfois que la tige traçante atteint les limites du papier; les valeurs du champ qui dépassent la valeur limite correspondante ne sont pas enregistrées. Pour compléter l'installation, on a

---

(1) Séance du 10 juin 1924.

établi un deuxième appareil enregistreur beaucoup moins sensible, qui sera maintenu aussi en service constant.

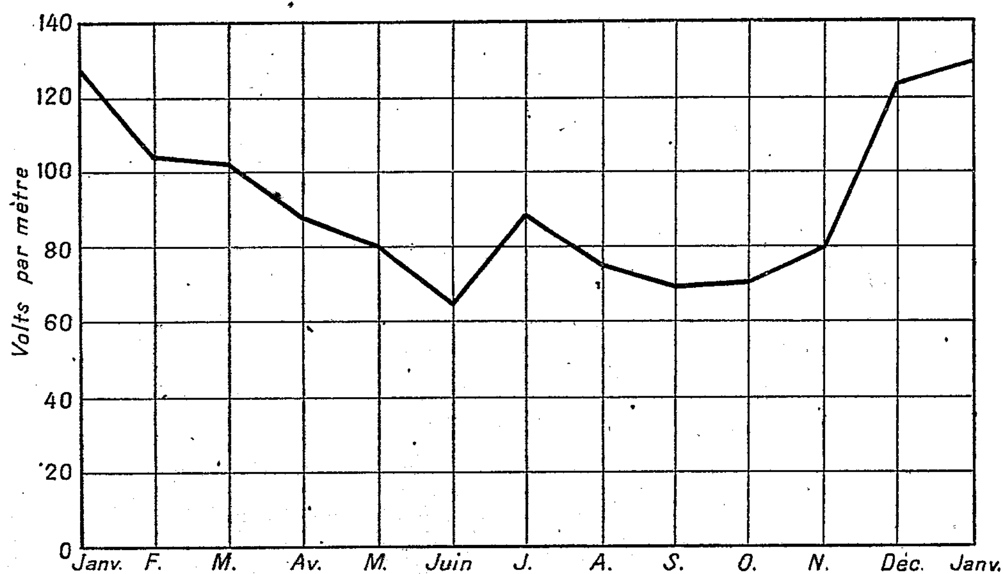


Fig. 1. — Variation annuelle du champ électrique terrestre au Val-Joyeux.

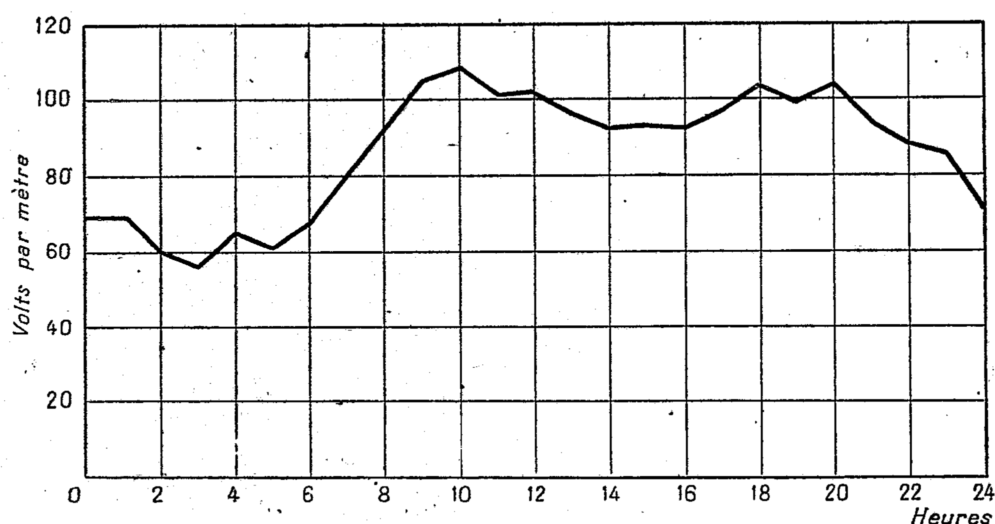


Fig. 2. — Variation diurne du champ électrique terrestre au Val-Joyeux (moyenne annuelle).

Les résultats suivants concernent la première année complète de mesures avec le premier appareil, du 1er mars 1923 au 1er mars 1924.

Les valeurs moyennes indiquées portent sur toutes les valeurs horaires du champ positives (c'est-à-dire vers le bas); les valeurs les plus fortes n'étant pas enregistrées, les moyennes sont un peu trop faibles; des valeurs plus exactes seront données quand les deux dispositifs auront fonctionné simultanément pendant un temps suffisant.

Variation annuelle. — Les valeurs moyennes mensuelles obtenues sont, en volts par mètre :

Janv.	Fév.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
128,3	104,4	102,1	87,4	80,2	65,2	88,7	75,5	69,6	70,2	79,4	123,3

La moyenne générale pour toute l'année est 89,5. Le champ est plus fort en hiver qu'en été; la moyenne des mois : décembre, janvier, février, est 118,7; celle des mois : juin, juillet, août, 76,5. La variation est représentée figure 1.

Variation diurne. — Les valeurs moyennes pour les différentes heures de la journée sont, en volts par mètre :

1h.	2h.	3h.	4h.	5h.	6h.	7h.	8h.	9h.	10h.	11h.	12h.
68,9	60,4	56,7	65,6	61,2	67,9	80,9	93,6	105,5	108,5	100,6	101,3
13h.	**14h.**	**15h.**	**16h.**	**17h.**	**18h.**	**19h.**	**20h.**	**21h.**	**22h.**	**23h.**	**24h.**
96,5	92,9	93,5	93	96,8	103,8	98,9	102,6	92,9	87,6	84,8	68,7

La variation est représentée figure 2. Le champ est plus faible la nuit que le jour; le minimum de nuit, de 2^h à 5^h, est d'environ 60; le maximum voisin de 10^h, de 108 environ, est suivi d'un deuxième maximum moins accentué vers 18^h ou 20^h. Lorsqu'on possédera plusieurs années d'observations, on pourra donner des valeurs plus exactes et préciser la relation entre la variation diurne et les saisons.

On a fait aussi le calcul des moyennes en prenant seulement les valeurs obtenues pendant les journées correspondant aux enregistrements les plus réguliers (au nombre de 67); les résultats ne diffèrent pas de manière notable des précédents.

Des mesures régulières de la conductibilité électrique de l'atmosphère sont faites aussi au Val-Joyeux, mais ne comportent pas encore une année complète.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Les phénomènes crépusculaires au mont Blanc.* Note [1] de MM. E. **Bauer**, A. **Danjon** et **Jean Langevin**, présentée par M. Cotton.

Nous avons étudié les phénomènes crépusculaires à l'Observatoire Vallot au mont Blanc (4347^m) dans des conditions atmosphériques excellentes, peut-être même exceptionnelles. Les observations commencées en août 1922 ont été poursuivies du 9 au 14 août 1923. Ce qui fait l'intérêt d'une étude à cette altitude, c'est la simplicité extrême et la régularité quasi astronomique des phénomènes : certaines phases décrites dans les traités classiques [2] font défaut. Il est probable que les complications observées à faible altitude sont dues en majeure partie aux régions souillées de l'atmosphère inférieure, qui s'étendent jusqu'à 3000^m ou 3500^m.

1° *Phénomènes à l'opposé du Soleil. Ombre de la Terre.* — A 180° du Soleil, on voit l'ombre de la Terre sur l'atmosphère : c'est *la montée de la nuit*, segment bleu noir bordé de pourpre à sa partie supérieure.

TABLEAU I. — *Hauteur du segment bleu* (matin).

$h_\odot$ = Hauteur vraie du Soleil	0°.	—2°.	—4°.	—5°.	—6°.
Hauteur du segment	—2°	+2°	+7°30′	+15°	+26°

Nota : La dépression de l'horizon à l'observatoire Vallot est de — 2°.

La limite du segment se perd *avant d'atteindre le zénith*, quand le Soleil atteint la hauteur $h_\odot = -7°$.

L'intersection du rayon solaire tangent à la Terre avec la droite qui joint l'observateur au sommet du segment décrit un arc surbaissé partant du sol à la distance de 100^{km} et gagnant le zénith à l'altitude de 45^{km} environ.

2° *Phénomènes observables du côté du Soleil. Arcs crépusculaires. — Nous n'avons pas vu trace du premier arc crépusculaire* (à 9° du Soleil), *ni des lueurs pourprées*. Des documents photographiques confirment ces conclusions négatives. *Le seul phénomène observé, très régulier, est le second arc crépusculaire :* à l'horizon, un segment rougeâtre, puis un segment jaune, enfin un segment beaucoup plus large, bleu verdâtre, de teinte très pure, limité assez nettement à sa partie supérieure; au-dessus s'étend la nuit. Ce segment

---

(1) Séance du 10 juin 1924.

(2) Cf. Pernter et Exner, *Meteorologische Optik*, 2e édition, 1922, p. 845 et suiv.

diversement coloré nous paraît former un tout unique, contrairement à ce qui ressort des descriptions classiques, du restes confuses et contradictoires. Il ne paraît pas utile de distinguer le reflet crépusculaire « Dämmerungsschein » de Pernter-Exner (1), de l'arc crépusculaire proprement dit.

Tableau II. — *Hauteurs de l'arc crépusculaire* (soir).

$h_\odot$	8°.	10°.	12°.	14°.	17°50'.
Limite rouge jaune...	— 1°10'	—1°	—0°55'	—0°45'	—
Limite jaune bleu....	+ 0°40'	+0°30'	+0°10'	0°	—
Limite bleu nuit.....	+10°	+7°30'	+4°35'	+2°20'	—2°

La limite de l'arc crépusculaire (bleu-nuit) passe au zénith pour $h_\odot = -4°40'$. C'est donc un phénomène indépendant de la montée de la nuit, dont la limite n'atteint le zénith que pour $h_\odot = -7°$ ou 8°. L'arc disparaît complètement pour $h_\odot = -17°50'$.

Il nous semble impossible d'expliquer l'arc crépusculaire par un reflet de la lumière pourprée comme le font Pernter et Exner (2). Il apparaît plutôt comme dû à la diffusion de la lumière solaire directe par l'atmosphère comprise entre le cône d'ombre de la Terre et une certaine limite d'altitude z. Mais si l'on calcule z, on trouve des nombres qui croissent à mesure que le Soleil descend.

Tableau III. — *Altitude de l'arc crépusculaire* (soir).

$-h_\odot$	4°35'.	10°.	14°.	16°.	17°.
z(km)...........	14	30	39	42	44

Comme on le voit, les mesures de l'arc crépusculaire et celles de la montée de la nuit conduisent à une même altitude pour les couches diffusantes les plus élevées, 45^{km} environ.

30 minutes après le coucher de l'arc crépusculaire, nous avons observé un nouveau segment lumineux très faible, assez bien limité mais irrégulier, et qui a disparu peu à peu à l'horizon. Ce segment, qui ne semble pas dû à la lumière zodiacale, est peut-être un troisième arc crépusculaire. Son sommet est à environ 9° pour $h_\odot = -21°$; la couche diffusante qui le produirait s'étendrait donc jusqu'à 180^{km}, et serait identique à la couche absorbante observée par nous en 1922 (3).

---

(1) Pernter-Exner, *loc. cit.*, p. 856.

(2) *Loc. cit.*, p. 898.

(3) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 761.

3° *Mesure photométrique de l'éclat du zénith.* — Les mesures ont été faites par la méthode photométrique de M. Fabry, légèrement modifiée. Les valeurs absolues de l'éclat M, exprimées en magnitudes par degré carré, ont été rapportées à *Véga* = $0^m,14$.

TABLEAU IV. — *Éclat du ciel au zénith.*

$h_\odot$..	−7°.	−9°.	−11°.	−13°.	−15°.	−16°.	−17°.	−18°.	−20°.	−25° à 29°.
M...	$-3^m,0$	$-1^m,35$	$+0^m,25$	$+1^m,80$	$+3^m,10$	$+3^m,65$	$+4^m,00$	$+4^m,10$	$+4^m,20$	$+4^m,27$

Au delà de $h_\odot = -18°$, l'éclat reste presque constant, les éclats trouvés se rapportent au ciel nocturne. Comme ils ont été obtenus très près du plan galactique, dans la constellation du Cygne, ils sont, sans doute, un peu trop grands.

On voit que la fin du crépuscule au zénith coïncide avec le coucher du deuxième arc crépusculaire, $h_\odot = -17°50'$. Les deux phénomènes sont donc liés. L'arc crépusculaire diffuse une première fois la lumière directe du Soleil, qui est renvoyée à nouveau par l'atmosphère située au zénith. A l'appui de cette explication nous pouvons invoquer le parallélisme, sans aucun décalage d'abscisse, entre la courbe trouvée par nous au zénith, et celle qui a été obtenue par Fessenkopf à 70° du zénith dans l'azimut du Soleil.

HYDROLOGIE. — *Conductivité électrique des eaux minérales comme moyen de leur contrôle.* Note (¹) de MM. **W. Kopaczewski** et **M. Bem**, présentée par M. d'Arsonval.

E. Bonjean a attiré l'attention sur la « constance pour ainsi dire absolue de la minéralisation de certaines eaux » (²). Nous avons remarqué au cours de nos recherches sur les propriétés physiques des eaux minérales que leur résistance électrique peut être considérée comme un trait nettement caractéristique pour chacune d'elles et, *eo ipso*, aider à leur identification.

Dienert (³) a préconisé la mesure de la conductivité comme moyen de contrôle des eaux potables. Les récentes recherches de d'Arsonval et de

---

(¹) Séance du 10 juin 1924.

(²) Bonjean, *Annales des Falsifications*, vol. 2, 1909, p. 308.

(³) Dienert, *Eaux douces*, p. 24 et 308 (Paris, 1912; Baudry, éditeur).

ses élèves [1], dans lesquelles ces auteurs ont commencé à mesurer systématiquement la conductivité des eaux minérales, nous ont d'autant plus encouragés dans notre entreprise.

Nous avons fixé les conductivités d'une trentaine des eaux minérales de France. Sans donner ici tous les détails de ces mesures, sur lesquels nous reviendrons dans un Mémoire détaillé, disons que les eaux étudiées peuvent être réparties en quatre groupes assez nettement séparés (Tableau I).

TABLEAU I.

1. *Conductivité forte*............. (entre $40,0 \times 10^{-4}$ et $80,0 \times 10^{-4}$).	Vichy. Vals. Bourboule (« Clément » et « Choussy Perrière »). Saint-Nectaire (sauf « Granges »).
2. *Conductivité moyenne*......... (au-dessous de $30,0 \times 10^{-4}$).	Saint-Galmier. Vittel. Uriage. Pougues. Enghien. Mont-Dore.
3. *Conductivité faible*........... (au-dessous de $10,0 \times 10^{-4}$).	Bourboule (« Croizat » et « Fenestre »). Evian. Aix-en-Provence.
4. *Conductivité insignifiante*..... (au-dessous de $1,0 \times 10^{-4}$).	Bagnoles-de-l'Orne.

Il est un fait particulièrement intéressant à noter : parmi les eaux minérales naturelles étudiées la conductivité la plus faible revient aux eaux de Bagnoles-de-l'Orne ; elle est la plus pure. Ce fait possède, croyons-nous, une importance au point de vue thérapeutique.

Baudry considère la mesure de la résistance électrique comme peu rigoureuse, en raison de la déperdition des gaz (gaz carbonique), de l'oxydation de sels ferreux, manganeux et de sulfures, de la précipitation de certains corps (carbonate de chaux, silice, etc.).

Pour obvier à ces inconvénients, d'Arsonval a introduit la notion de *la résistivité permanente*, c'est-à-dire la résistivité de l'eau minérale bouillie et filtrée. Pour élucider ce point, nous avons étudié l'action de bioxyde de carbone sur la résistance électrique des eaux minérales fortement gazeuzes.

---

(1) D'ARSONVAL, BORDAS et TOUPLAIN, *Ann. des Falsific.*, vol. 16, 1923, p. 16, 268, 408, et vol. 17, avril 1924, p. 145.

TABLEAU II.

Temps.	Vals. St-Jean.	Vals. Précieuse.	St-Galmier. Badoit.	Vichy. Gr. Grille.	Vichy. Hôpital.	Vichy. Célestins.
Débouché	49,6	19,2	22,9	61,6	64,2	46,3
1 heure après	//	//	22,7	64,6	65,0	46,6
2 heures »	//	//	22,6	//	//	//
4 » »	//	//	22,6	//	//	//
12 » »	48,8	1,83	//	63,9	64,1	46,4
Bouillie »	//	20,3	//	//	//	//

Ainsi que le démontrent les résultats (Tableau II), la déperdition en gaz CO^2 n'influe pas sensiblement sur la conductivité des eaux minérales, surtout si nous tenons compte de l'exactitude de la méthode. En effet, il faut admettre que dans notre appareil biologique [1], une erreur à la lecture d'une division au-dessus du facteur 1, et celle de deux divisions au-dessous de ce facteur, est parfois possible et probable. Ceci entraîne une erreur de $\pm$ 0,5 pour 100 dans le premier cas, et $\pm$ 2 pour 100 dans le second. Ainsi, la cause d'erreur produite par l'échappement de CO^2 est négligeable dans le cas examiné.

Pour étudier les variations dans la conductivité électrique, nous avons mesuré cette constante dans plusieurs échantillons de la même eau minérale. Le Tableau III démontre que ces variations ne sont qu'inférieures à l'erreur expérimentale.

Si, en se basant sur la composition chimique d'une eau minérale, on prépare une eau correspondante artificielle, la conductivité électrique est loin d'être celle de l'eau naturelle : les différences varient de 15 à 20 pour 100.

Pour terminer, signalons l'existence d'un phénomène particulier : la détermination du point zéro au téléphone est, dans certaines eaux minérales, très difficile à établir ; d'où l'erreur dans la mesure exacte de la conductivité électrique.

TABLEAU III.

Source.	Échantillons. I.	II.	III.	IV.
Badoit	22,9	21,4	21,5	22,5
Evian	4,5	4,3	5,0	4,6

(1) W. KOPACZEWSKI, *Soc. biol.*, vol. 89, 1924, p. 1183.

A quoi correspond ce fait? nous ne le savons pas exactement; mais il est probable qu'il s'agisse des eaux minérales dont l'équilibre chimique et physique sont instables.

En résumé, *la mesure de la conductivité électrique des eaux minérales offre un moyen extra-rapide et très exact de leur identification et de leur contrôle.*

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Betterave sucrière et Betterave fourragère.* Note de M. H. COLIN, présentée par M. Lindet.

Il est du plus grand intérêt de noter les moindres caractères des diverses sortes de betteraves, non seulement parce qu'il en peut résulter quelques avantages pratiques dans la rapidité et la sûreté des méthodes de diagnose ou de sélection, mais aussi parce qu'il en rejaillit fatalement quelque lumière sur le problème de l'origine des variétés cultivées. Les particularités de la morphologie externe sont suffisamment connues; il n'est question ici que des caractères chimiques et anatomiques.

1. *Présence des sucres réducteurs dans la souche.* — D'aucuns prétendent que le sucre interverti est toujours beaucoup plus abondant chez les variétés fourragères ; ce n'est pas absolument exact ; il est rare que dans un lot de ces betteraves, on ne rencontre pas un certain nombre de sujets qui ne présentent que des traces de glucose et de lévulose libres. L'abondance du sucre interverti n'est pas, d'ailleurs, un indice de rusticité. J'ai analysé plusieurs années de suite, à l'automne et pendant l'hiver, des betteraves sauvages authentiques (*Beta maritima*) dont j'avais récolté moi-même la graine sur les côtes du Cotentin ; la plupart ne renfermaient guère plus de réducteur que les meilleures sucrières. Il est évident que la sélection par le polarimètre, appliquée de longue date aux betteraves de sucrerie, a contribué à éliminer automatiquement les sujets riches en sucre interverti ; jusque alors, rien de tel n'a été fait sur les fourragères comme le prouvent les différences énormes de richesse que l'on constate entre les individus appartenant à une même variété.

L'accroissement notable de pouvoir réducteur qu'éprouve le suc des betteraves fourragères conservées en silo n'est pas davantage un critérium d'une valeur absolue; les variétés sucrières prennent, elles aussi, du réducteur dans ces conditions et, d'autre part, il se rencontre des fourragères dont la réserve saccharine résiste bien à l'hydrolyse; tout dépend de la teneur de la pulpe en sucrase et, à cet égard, les variétés fourragères ne

sont pas nécessairement mieux dotées que les sucrières. Laissées en pleine terre, à la faveur d'une saison peu rigoureuse et moyennant quelques précautions, ni les unes ni les autres, à de rares exceptions près, plus fréquentes parmi les fourragères, ne s'enrichissent beaucoup en sucre interverti durant la période hivernale.

2° *Richesse saccharine de la souche.* — Je me suis rendu compte que ce caractère est d'une extraordinaire précocité; les petites racines de trois ou quatre millimètres de diamètre s'affirment déjà, par leur teneur en sucre, comme sucrières ou comme fourragères; la différence est même plus accentuée sur ces jeunes plantes que sur les betteraves adultes.

3° *Vascularisation de la souche.* — Sur les coupes transverses des racines de betteraves, on remarque immédiatement que, dans les variétés fourragères, les anneaux vasculaires sont moins nombreux que dans les sucrières; par contre, le parenchyme interstitiel prend un grand développement. C'est là un caractère anatomique constant, plusieurs fois signalé et sur lequel il est possible de baser une méthode de sélection. Il se manifeste de très bonne heure et certains le considèrent comme étroitement lié à la richesse saccharine de la souche. Cette manière de voir est conforme à la réalité; je m'en suis assuré en dosant méticuleusement le sucre dans les faisceaux eux-mêmes et dans le parenchyme conjonctif. L'opération n'est pas facile sur la sucrière qui est toute en vaisseaux, mais sur la fourragère il est possible d'isoler des morceaux de pulpe exempts d'éléments vasculaires, tandis que les fragments voisins renferment un ou plusieurs faisceaux libéro-ligneux. A poids égal, les régions vascularisées sont toujours plus riches que les parenchymes; la différence, toutefois, n'est pas aussi grande que d'aucuns le voudraient croire; elle est d'un tiers environ vers le centre de la souche, là où les anneaux vasculaires sont le plus espacés.

4° *Graines et plantules.* — Il est difficile de trouver dans les graines et les plantules des caractères qui autorisent un diagnostic précoce de la variété. J'ai cherché sans succès du côté des ferments, des oxydases en particulier. Les plantules noircissent rapidement dès qu'on les broie, mais les betteraves fourragères aussi bien que les sucrières donnent cette réaction. Quant à la graine, elle comporte toujours un albumen sec, rempli d'amidon en petits grains arrondis; dès que les cotylédons échappés du glòmérule verdissent à la lumière, ils apparaissent bourrés d'amidon chlorophyllien, fait d'autant plus remarquable que les feuilles n'en renferment pas normalement.

Les plantules n'offrent pas de différences anatomiques appréciables; radicules et axes hypocotylés peuvent être plus ou moins allongés suivant

les variétés, mais la structure est la même; partout la teneur en sucre total est extrêmement faible. Dans des cas déterminés, la coloration observée au moment de la germination suffit à identifier une variété; géantes jaunes et géantes rouges se reconnaissent ainsi. Le critérium n'est plus aussi sûr quand il s'agit des fourragères à chair blanche; les plantules sont alors rosées, mais il s'en trouve aussi d'incolores; inversement parmi les plantules issues des graines de betteraves à sucre, quelle que soit leur provenance (de Vilmorin, Dippe, Kühn, Bourdon, etc.), on observe toujours un nombre plus ou moins considérable d'hypocotyles teintés de rose ou de rouge.

5° *Feuilles.* — On a cru longtemps que la richesse des betteraves sucrières tenait à la nature spéciale du bouquet foliaire. En réalité, l'examen le plus attentif ne révèle aucune différence importante dans le travail des feuilles, à quelque variété qu'elles appartiennent. Partout l'amidon fait défaut dans le limbe; saccharose, glucose et lévulose s'y rencontrent dans les mêmes proportions, qu'il s'agisse de fourragères ou de sucrières; dans les deux cas, le rapport du réducteur au sucre hydrolysable ne cesse d'augmenter à mesure que le contingent hydrocarboné est acheminé, par les nervures, jusqu'à la souche; à la base des pétioles, le glucose l'emporte toujours de beaucoup sur le lévulose.

Ce n'est donc pas dans les feuilles qu'il faut chercher les caractères essentiels qui distinguent une betterave sucrière d'une betterave fourragère, mais, conformément aux lois de la physiologie végétale, dans la souche elle-même, dans sa structure, dans la façon dont elle tire parti des sucres reçus des feuilles, dans sa capacité de résistance aux pressions intérieures qui résultent de l'accumulation du saccharose.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La teneur en eau dans les feuilles et l'énergie assimilatrice.* Note de Mme **B. Brilliant**, présentée par M. Molliard.

Boussingault fut le premier à constater le fait que l'énergie assimilatrice des feuilles plus ou moins privées d'eau subit un affaiblissement considérable; ensuite d'autres auteurs (Kreusler, Jumelle, Iljin, etc.) arrivèrent aux mêmes conclusions. Mais, tandis qu'Iljin soutient l'opinion que c'est de l'état des stomates d'une feuille flétrie que dépend le ralentissement de la photosynthèse, des investigations faites avec des mousses et des lichens (Bastit, Jumelle) montrent que la dessiccation elle-même peut en être la cause. Ainsi le rapport entre les deux phénomènes — la teneur d'eau et la

photosynthèse — n'est pas encore bien éclairci. Au point de vue théorique on peut supposer l'existence de deux facteurs importants dépendant de la teneur en eau dans la cellule et agissant en même temps sur l'activité chlorophyllienne; ce sont, d'une part, les échanges osmotiques étroitement liés à la formation et l'accumulation des produits de la photosynthèse et, d'autre part, l'état des colloïdes du plasme et, par conséquent, de tout l'appareil assimilateur.

Le mécanisme cellulaire, par l'intermédiaire duquel la photosynthèse se rattache à la teneur d'eau, sera l'objet de recherches futures; j'ai dû étudier d'abord les relations des deux phénomènes dans leur ensemble.

La méthode de mon travail était la suivante : des morceaux symétriques furent coupés dans le limbe d'une feuille; l'un d'eux fut pesé et desséché à un degré déterminé; l'autre, servant de contrôle, fut posé sur l'eau. Ensuite les deux morceaux furent exposés à la lumière solaire ou électrique et la quantité du CO^2 absorbé fut mesurée.

Je cite ici les expériences faites avec *Hedera helix* et *Impatiens parviflora*.

La perte d'eau est calculée en pour 100 de la substance fraîche des feuilles. La quantité de l'acide carbonique décomposé par les feuilles desséchées est calculée en pour 100 de celle absorbée par les feuilles de contrôle.

Le Tableau I indique les quantités moyennes du CO^2 absorbé par les feuilles desséchées de *Hedera helix* dont les pertes d'eau diminuent par intervalles de 10 pour 100 :

TABLEAU I.

Perte d'eau en pour 100 de la substance fraîche.....	63-53	52-41	39-31	25-15	15-5
CO^2 absorbé par 10^{cm}	1,4	1,5	37,0	142,6	127,4

Le Tableau I contient les chiffres détaillés pour la première série d'expériences celle qui se rapporte à de fortes diminutions de la teneur d'eau :

TABLEAU II.

Perte d'eau.........	62,9	56,3	52,8	51,7	48,7	41,2
CO^2 absorbé........	0,0	4,1	0,0	4,6	0,0	0,0
Perte d'eau.........	39,0	37,4	37,2	....	....	....
CO^2 absorbé........	39,2	39,8	31,0	....	....	....

On voit qu'une perte d'eau de 41 à 63 pour 100 rend l'assimilation nulle ou presque; cependant, comme j'ai pu me convaincre par des contrôles spéciaux, les morceaux des feuilles ainsi desséchés restent encore vivants. Lorsque la perte d'eau atteint près de 40 pour 100, un abaissement insigni-

fiant de la perte d'eau — de 41 à 39 pour 100 — est accompagné d'un accroissement brusque de la photosynthèse. Nous avons donc ici une limite de dessiccation qu'on peut nommer supérieure; au dessus de cette limite l'appareil assimilateur cesse de travailler, au-dessous d'elle l'assimilation subit une hausse rapide. En diminuant la perte d'eau nous arrivons à une teneur d'eau optimale qui est moins grande que celle des feuilles saturées d'eau; il y a donc une limite inférieure: une diminution de la teneur d'eau de 25 pour 100 et moindre, non seulement n'affaiblit plus l'action chlorophyllienne mais paraît lui être favorable.

Les chiffres du Tableau II, ainsi que les résultats d'autres expériences nombreuses, prouvent qu'il n'y a pas de proportionnalité directe entre la teneur d'eau des feuilles et la quantité de l'acide carbonique absorbé.

Les observations faites d'après la méthode de Molisch ont montré que les stomates des feuilles considérablement desséchées étaient fermés; afin de contrôler le rôle des stomates j'ai enlevé dans une série d'expériences des morceaux de l'épiderme et ceci n'a rien changé aux résultats. Donc, l'affaiblissement de l'action assimilatrice peut être attribué à la perte d'eau et non à l'état des stomates.

Les résultats obtenus avec l'*Impatiens parviflora* sont surtout intéressants au point de vue de l'influence du stade de développement de la plante sur l'assimilation des feuilles desséchées. J'ai d'abord étudié des plantes âgées d'*Impatiens* ayant presque terminé leur végétation et j'ai pu constater qu'elles se comportent à peu près comme le lierre.

Je cite ici les chiffres moyens du CO^2 absorbé, calculés de la même manière que ci-dessus :

Perte d'eau........	de 38 à 16 pour 100	de 13 à 5 pour 100
CO^2 absorbé.......	24,0	92,0

On voit que la limite inférieure pour les plantes âgées d'*Impatiens* correspond à une perte d'eau de 15 pour 100 de la substance fraîche et non de 25 pour 100 comme chez *Hedera*. Au-dessous de cette limite l'assimilation devient presque égale à celle de la feuille témoin sans toutefois la surpasser comme chez le lierre.

Les résultats obtenus avec des plantes jeunes de la même espèce sont totalement différents : dans ce cas des pertes d'eau de 43 à 25 pour 100 provoquent non pas un affaiblissement mais au contraire un accroissement notable de l'activité chlorophyllienne qui devient, en moyenne, presque trois fois plus forte que chez les feuilles saturées d'eau. Ainsi, la teneur

d'eau optimale chez les jeunes plantes d'*Impatiens* corrrespond à un dessèchement très considérable et la limite que je nomme inférieure se trouve au-dessus de 40 pour 100 de perte d'eau, tandis qu'elle n'atteint que 25 pour 100 chez le lierre.

On peut tirer de l'ensemble des expériences les conclusions suivantes :

1° Il existe une limite supérieure de perte d'eau dans la feuille au-dessus de laquelle l'action chlorophyllienne devient nulle ou presque, bien que la feuille reste vivante; dans ce stade de déshydratation un tout petit supplément d'eau aboutit à un accroissement brusque de l'énergie assimilatrice (*Hedera helix*).

2° Il existe en outre une limite inférieure de perte d'eau au-dessous de laquelle l'énergie assimilatrice ne diffère guère de celle d'une feuille saturée d'eau (*Impatiens parviflora* âgé) ou bien lui est même supérieure (*Hedera helix* et *Impatiens parviflora* jeune).

3° L'influence de la dessiccation sur l'assimilation peut varier essentiellement avec l'âge de la plante (*Impatiens parviflora*).

BIOLOGIE. — *La biologie de la sardine en Galicie (Espagne).* Note de M. **Fernando de Buen**, présentée par M. Joubin.

L'abondance de la sardine sur les côtes de l'Espagne, surtout en Galicie et sur les côtes du Sud (provinces de Huelva et Cadix), permet une pêche intensive en employant des vapeurs avec des filets qui, comme la *Tarrafa*, mesurent 1^{km} de longueur et 55^{m} de hauteur. Il y a beaucoup de fabriques de conserves et de salaisons.

Je ne donnerai maintenant qu'un résumé des résultats de ces recherches en réservant pour plus tard de publier un travail complet.

Dans la vie annuelle de la sardine en Galicie se détachent deux époques différentes; avec la température élevée, l'alimentation s'active, la sardine croît, engraisse en s'approchant des côtes en grands bancs; la baisse de la température, avec un minimum plus sensible en décembre, janvier et février, cause le manque d'activité et la dispersion.

Maigre, sans matières de réserve, ayant les organes sexuels vidés par une ponte récente de janvier à mars, elle commence de nouveau à engraisser d'avril à mai et, au mois de juin, elle est déjà appréciée pour la consommation et la fabrication de conserves, à cause de sa chair remplie de graisse. D'octobre à décembre les organes sexuels se développent de plus en plus.

Bien que ce fait ne soit pas constant, chaque année on rencontre ces poissons émigrants en état de maturité sexuelle dans les mois de décembre à mars, dans les eaux de Galicie.

La sardine ne s'éloigne pas de la côte pendant la plus grande partie de l'année attirée par un tropisme alimentaire, mais sans sélection d'espèces, mangeant avec la même activité phytoplankton et zooplankton.

En nageant, à cause de la fonction respiratoire, l'eau qui circule par les lames branchiales dépose mécaniquement, avant leur arrivée, le plancton en suspension. Sur les arcs branchiaux et dans la partie interne, il y a beaucoup de branchispines laminaires qui, examinées avec un grossissement suffisant, laissent voir de petites épines spatuliformes ayant les extrémités libres finement dentelées. Les épines de chaque deux branchispines contiguës forment entre elles un filtre délicat.

Cette structure microscopique varie selon les espèces, mais reste constante pour chaque espèce de Clupéide.

La formation des bancs de sardine est en relation avec la masse de plancton et non pas, comme on a prétendu, causée par la présence de l'une ou de l'autre espèce.

La poursuite par quelques oiseaux, cétacés et poissons contribue aussi à réunir la sardine en bancs.

Indirectement les fluctuations de ce Clupéide subissent l'influence de la direction et de l'intensité des vents, soit en empêchant la pêche, ce qui détermine une baisse dans la statistique, soit en causant des courants locaux qui attirent ou éloignent les masses de plancton, ou finalement en servant de véhicule de températures qui font varier la marche régulière des stations.

Avec la baisse de la température (décembre à février) la sardine s'éloigne des lieux de pêche en se dispersant dans toute la masse liquide qui gravite sur le plateau continental; ce n'est pas seulement une migration vers le fond. En plein hiver, quelques jours de température favorable attirent des masses de sardines provenant de différents points, ce qui donne lieu à quelques grandes pêches.

Selon l'âge, la biologie de la sardine varie : l'hivernation ou dispersion varie avec la baisse de la température; elle est plus courte chez les plus âgées; avec l'âge plus avancé elles sont moins sensibles au milieu en restant plus longtemps près de la côte.

En tenant compte qu'en approchant des limites géographiques, au nord de l'Europe, l'hiver marin se fait sentir plus fortement, nous pouvons

fournir l'explication des causes pour lesquelles sur les côtes de la Grande-Bretagne apparaissent des exemplaires ayant un âge avancé et une plus grande taille.

Les migrations le long des côtes semblent être très courtes; en prenant comme base Vigo, centre de nos travaux, on constate qu'au commencement de l'hiver la sardine tend à se déplacer vers le Sud; cependant on la pêche quand même dans les Rias hautes de Galicie.

La région de ponte et de développement larvaire sur les côtes nord-ouest de l'Espagne, faute de données précises, reste dans l'hypothèse. Peut-être les œufs et les larves restent en suspension très dispersés dans les couches intermédiaires de ces eaux.

A Vigo on trouve surtout des sardines d'une année et demi à deux ans, et il y en a très peu d'âgées de quatre années à quatre années et demie.

La méthode que j'emploie pour calculer la croissance chez la sardine en utilisant la proportionnalité constante entre la taille et la grandeur des écailles est plus rapide et simple que celle de *Lea* : Sur la platine d'un microscope, de préférence avec un prisme Porro, on place l'écaille montée à sec en faisant coïncider, avec l'aide d'une chambre claire, l'image de l'écaille grossie 10 fois avec l'image d'une règle blanche graduée avec des traits noirs. La mensuration de la distance qui sépare le centre de l'écaille de chaque zone, ou ligne hivernale successive, est directe.

L'emploi d'une règle à calcul permet de connaître la longueur du poisson pour chaque année de sa vie.

Le prélèvement de l'écaille peut se faire sur tout le corps du poisson, l'élection d'un point déterminé n'ayant que très peu d'influence sur les résultats.

ZOOLOGIE. — *Sur un type nouveau de* Mysidacé *des eaux souterraines de l'île de Zanzibar*. Note de M. **Louis Fage**, présentée par M. Ch. Gravier.

Au cours de leur voyage en Afrique orientale, MM. Alluaud et Jeannel consacrèrent quelques jours à l'exploration scientifique des grottes et des avens de l'île de Zanzibar. L'un de ces derniers, situé dans le sud de l'île et produit par l'effondrement d'une ancienne grotte, laisse voir, à 8 à 10^m de profondeur, un lac aux eaux limpides, à peine saumâtres et parfaitement potables. Ce lac, le Machumvi-Ndogo, abrité sous un bord de l'aven, est à demi obscur; sa profondeur est faible dans la partie accessible, mais elle

s'accroît près de la paroi sud, laissant supposer qu'il fait partie d'un système hydrologique souterrain étendu, auquel appartient aussi, sans doute, le Machumvi-Kubwa, autre lac semblablement situé, à une centaine de mètres de là. Ses eaux, dont la température est de 27°,25 C. abritent en tout cas une faune cavernicole composée d'un Isopode Cirolanide, l'*Anina lacustris* Budde-Lund, de deux Amphipodes aveugles ou à yeux très réduits, le *Hyale Jeanneli* Chevreux et le *Quadrivisio bengalensis* Stebbing et d'un petit Schizopode extrêmement abondant, objet de cette Note.

Il s'agit d'un Mysidacé remarquable par les caractères archaïques que révèle son organisation et qui en font le type d'un genre nouveau, *Lepidophthalmus servatus* nov. gen. nov. sp., débordant le cadre actuel de la classification de cet ordre. Il peut être caractérisé brièvement de la façon suivante :

Longueur 5^{mm} à 6^{mm}. Carapace lisse, fortement échancrée en arrière, laissant à découvert les deux derniers segments du thorax. Pédoncules oculaires en forme d'écaille rectangulaire portant seulement quelques ommatidies à l'angle antéro-externe. Écailles antennaires indivises, sublinéaires, ornées de longues soies sur leur pourtour. Premières maxilles pourvues d'un palpe à un seul article terminé par un long flagellum. Article proximal du palpe des deuxièmes maxilles dilaté du côté interne. Première paire de pattes (maxillipèdes) portant un exopodite rudimentaire, foliacé et un épipodite bien développé; méros et carpe sans lobe, propode indivis mais fortement dilaté au bord interne. Les autres paires pourvues d'un exopodite normal multi-articulé, d'un propode indivis et d'une griffe terminale faisant corps avec le dactyle; aucun lobe aux articles des pattes de la deuxième paire (gnathopodes) qui sont régulièrement cylindriques. Sept paires d'oostégites. Pléopodes réduits, biramés : un seul article à l'endopodite, trois articles à l'exopodite sauf aux pléopodes II de la femelle dont l'exopodite a quatre articles; l'exopodite de la même paire modifié chez le mâle en vue de la copulation. Exopodite des uropodes divisé par une articulation distale. Pas d'otocystes. Telson entier, plus court que les uropodes.

L'ordre des *Mysidacea* comprend deux sous-ordres, celui des *Lophogastrida* (*Lophogastridæ* + *Eucopiidæ*), le plus primitif, qui renferme presque exclusivement des formes bathypélagiques, pourvues de branchies, et celui des *Mysida* (*Petalophthalmidæ* + *Mysidæ*) qui, avec des formes de haute mer, contient aussi de nombreuses espèces côtières, une espèce d'eau douce (*Mysis relicta* Lovén) et quelques espèces des eaux saumâtres de l'Inde et de Nouvelle-Zélande. C'est dans ce dernier sous-ordre que rentre notre *Lepidophthalmus*; mais il a hérité du premier quelques caractères remarquables, notamment la présence d'un palpe à la première paire de maxilles. Ce palpe rétroversé, qu'on retrouve chez les Cumacés et les Tanaidacés,

est, chez les Mysidacés, l'apanage des *Lophogastridæ* les plus primitifs, c'est-à-dire du genre *Gnathophausia*. C'est de même uniquement chez les *Lophogastridæ* qu'on trouve encore, à la première paire de pattes (maxillipèdes), un exopodite rudimentaire, foliacé, analogue à celui que porte le *Lepidophthalmus*. Ce nouveau genre a aussi de commun avec les *Lophogastrida* et les *Petalophthalmidæ* l'absence totale d'otocyste à l'endopodite des uropodes et l'absence de segmentation au propode des pattes thoraciques. Enfin, comme le *Lophogastrida*, les *Petalophthalmidæ* et les *Boreomysinæ*, il a sept paires d'oostégites, alors que ces derniers sont en nombre réduit (deux, rarement trois paires) chez tous les autres Mysidacés.

Ce genre *Lepidophthalmus* se montre ainsi, par l'ensemble de ses caractères distinctifs, comme devant prendre place tout à fait à la base du sous-ordre des *Mysida*, dans lequel il mérite de former une famille nouvelle, celle des *Lepidophthalmidæ*, dont le diagnose peut être la suivante : pas de branchies; sept paires d'oostégites; premières maxilles pourvues d'un palpe; première paire de pattes pourvue d'un exopodite lamelleux, rudimentaire, endopodite de la seconde paire à articles non lobés, exopodite normal multi-articulé; propodes indivis; pas d'otocystes.

Le *Lepidophthalmus servatus* est le premier Schizopode cavernicole connu et, si aucune des particularités morphologiques qu'il présente, sauf peut-être la réduction des organes visuels, ne semble directement en rapport avec son habitat exceptionnel, il n'y a aucun doute qu'il doive aux conditions physiques et biologiques si particulières des eaux souterraines d'avoir échappé aux vicissitudes qui ont anéanti ou modifié ses congénères, et d'avoir conservé jusqu'à nos jours les caractères archaïques que nous lui reconnaissons. Ce type est donc à ajouter à la liste déjà longue de ces êtres *fossilisés vivants* dans ce milieu immuable, dont nous citions quelques exemples ici-même ([1]), à propos des Araignées apneumones des grottes d'Afrique et des Pyrénées.

ZOOLOGIE. — *Sur la transparence des coquilles d'œufs de poule et les modifications qu'elle subit avec le temps*. Note de M. **André Leroy**, présentée par M. Lindet.

La coquille de l'œuf de poule subit, avec le temps, des modifications curieuses, qu'il est facile d'apprécier en examinant l'œuf placé devant une

([1]) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 620.

source de lumière intense telle, par exemple, qu'une lampe à filament métallique de 50 bougies.

L'œuf qui vient d'être pondu possède une coquille d'aspect uniforme, fréquemment ornée d'une série de points sombres, qui correspondent à des granulations calcaires et dont la disposition et le nombre semblent assez constants pour tous les œufs d'une même poule.

Dix à douze heures après la ponte, on voit apparaître sur le fond sombre de la coquille des taches claires plus ou moins étendues. Le lendemain du jour de la ponte, ces taches ont des bords nettement délimités; elles sont généralement plus fréquentes vers les pôles de l'œuf que sur la zone intermédiaire. Elles sont encore plus nettement visibles le surlendemain, mais à partir de ce moment, elles gardent le même aspect jusqu'à l'apparition des altérations visibles au mirage. La manifestation de ce phénomène permet de trier à coup sûr les œufs pondus le jour même et ceux de la veille ou des jours précédents, lorsque l'on a mélangé à l'avance des œufs récoltés à des dates différentes. De très grandes variations, en ce qui concerne le nombre, l'étendue relative, les dimensions et la disposition des taches claires, s'observent entre les œufs pondus par des poules différentes. Les œufs d'une même poule, par contre, se ressemblent ordinairement à ce point de vue d'une manière frappante.

La présence de ces taches semble liée à des différences dans la structure de la coquille. Les taches sont totalement indépendantes des deux membranes albuminoïdes qui entourent l'albumine et la chambre à air. Certaines parties de la coquille paraissent avoir pour l'eau une avidité particulière, tandis que les autres évaporent rapidement après la ponte une partie de leur eau de constitution, et prennent une couleur plus sombre, sur laquelle les premières tranchent d'autant plus nettement que l'évaporation des secondes est plus achevée. Cette affirmation semble confirmée par les observations suivantes :

1° L'œuf qui vient d'être pondu et, par conséquent, d'une transparence uniforme, conserve presque indéfiniment cette transparence si l'on a soin de le placer immédiatement dans une atmosphère saturée d'humidité;

2° L'apparition des taches est plus rapide en été qu'en hiver. D'une manière générale, ces taches paraissent d'autant plus vite que la température extérieure est plus élevée et que le degré d'humidité relative de l'atmosphère est plus bas;

3° Un fragment de la coquille d'un œuf de deux à trois jours, privé des substances albuminoïdes qui y adhèrent, par un séjour de 1 à 2 minutes

dans l'acide chlorhydrique pur, suivi d'un grattage énergique, conserve les taches claires caractéristiques. Ces taches disparaissent ensuite si l'on porte le fragment en question 1 heure à l'étuve à 100°. Elles disparaissent au bout de 24 heures si l'on abandonne le fragment à la dessiccation spontanée dans l'atmosphère du laboratoire. Elles disparaissent au bout de 2 heures, si l'on maintient la coquille dans un exsiccateur à acide sulfurique sous un vide à 62^{cm} de mercure;

4° Un fragment de coquille décapé de la manière précédemment indiquée et placé dans une atmosphère saturée, conserve indéfiniment ses taches claires;

5° La transparence de la coquille ne paraît pas modifiée si on l'examine sous la cloche pneumatique. Cette expérience semble indiquer que la présence des taches n'est pas due à des bulles d'air interposées. Toutefois, lorsque les taches claires ont perdu leur transparence, par suite du départ d'une partie de leur humidité, il ne nous a pas été possible de les faire revenir à leur état primitif, malgré les tentatives multiples de réhydratation que nous avons effectuées.

Il ne faut pas confondre les taches claires dont il est question dans cette Note avec les pores de l'œuf mis en évidence par MM. Baudrimont, Martin Saint-Ange et Gayon. Au niveau de ces taches, en effet, la coquille conserve la même épaisseur que partout ailleurs, tandis qu'au niveau des pores, beaucoup plus uniformément répartis d'ailleurs que les taches, on constate la présence de fins canalicules faisant communiquer l'intérieur de l'œuf avec l'atmosphère extérieure.

PROTISTOLOGIE. — *Recherches sur les coccidies et les coccidioses du Lapin.* Note de M. **Ch. Pérard**, présentée par M. F. Mesnil.

Lucet a montré qu'il est possible de donner une coccidiose hépatique pure à de jeunes lapins neufs [1].

A ma connaissance, la production expérimentale de coccidiose intestinale pure n'avait pas encore été réalisée.

J'ai pu obtenir à volonté exclusivement de la coccidiose intestinale ou de la coccidiose hépatique et séparer les deux espèces de parasites. Ces expériences ont permis ainsi de lever les doutes qui paraissaient subsister au

(1) A. Lucet, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 1091.

sujet de la dualité des deux espèces de coccidies, *Eimeria perforans* (Leuck.) et *E. stiedæ* (Lind.), admise par certains auteurs et mise en doute ou discutée par d'autres qui ne reconnaissent qu'*E. stiedæ*, parasite à la fois de l'intestin et du foie.

Pour réussir ces expériences, il est indispensable d'employer des animaux neufs indemnes de coccidiose depuis leur naissance, d'utiliser des virus composés d'une seule espèce coccidienne et de protéger les animaux contre les contaminations accidentelles pendant la durée des expériences.

Presque tous les lapins du commerce étant contaminés, pour réaliser la première condition, il est recommandé de faire soi-même l'élevage de ses animaux et de les infecter dès l'âge de 3 semaines à 1 mois, après s'être assuré à plusieurs reprises qu'ils ne présentent pas d'oocystes dans leurs crottes.

Dans les infections naturelles, les deux espèces sont le plus souvent mélangées. Il n'y a aucune difficulté pour avoir des oocystes du foie (*E. stiedæ*) à l'état pur; il suffit de les prendre dans la vésicule biliaire d'un lapin infecté. Pour la coccidiose intestinale, la séparation est assez délicate; on peut opérer de deux façons :

1° En examinant systématiquement des lapereaux de 3 à 6 semaines ayant succombé très rapidement (4 à 6 jours après l'apparition de la diarrhée) à une entérite coccidienne, on aura des chances de trouver dans le contenu rectal des oocystes d'*E. perforans* à l'état de pureté avant que les lésions du foie aient eu le temps de se développer.

2° L'expérience montre que la durée de l'évolution d'*E. perforans* dans l'organisme du lapin est plus rapide que celle d'*E. stiedæ* et qu'il y a entre les deux une différence de 1 à 3 jours. On peut dès lors « filtrer » les virus mixtes sur l'organisme du lapin. On fait ingérer à un jeune lapin neuf des oocystes mûrs des deux espèces mélangées et l'on recueille les premiers oocystes qui apparaissent dans les crottes, généralement à partir du troisième ou du quatrième jour. Ce sont des oocystes d'*E. perforans*.

Les oocystes isolés des deux formes de la maladie sont mis à mûrir dans les conditions habituelles, et quand la segmentation est terminée (du 2e au 10e jour suivant la température), on les fait ingérer à de jeunes lapins neufs. On assiste alors à l'évolution de deux maladies, à symptômes identiques : gros ventre, diarrhée continue ou non, remplacée parfois par de la polyurie, mais à marche plus ou moins rapide, à lésions très différentes.

Les lapins, infectés d'une façon massive avec des oocystes extraits de la bile, meurent en 26 à 30 jours et présentent une hypertrophie considérable

du foie qui peut atteindre les dimensions d'un gros foie de mouton et peser le tiers de poids du lapin ([1]). Si toutes les précautions ont été prises pour éviter les contaminations accidentelles, l'intestin est indemne sur toute sa longueur.

Les lapins ayant ingéré une grande quantité d'oocystes d'*E. perforans* succombent en 9 à 15 jours. Le foie est normal et indemne, comme l'examen du contenu de la vésicule biliaire permet de s'en assurer. Par contre, l'intestin grêle est bosselé, blanchâtre et envahi souvent sur toute sa longueur.

L'existence de deux espèces de parasites n'est donc pas douteuse.

L'examen attentif des oocystes de ces deux espèces permet de constater qu'ils possèdent des caractères morphologiques différents, déjà aperçus par Railliet et Lucet, que l'on peut résumer de la façon suivante :

E. perforans, oocyste de forme ovoïde, à bouts souvent identiques, mesurant en moyenne $25^{\mu},5 \times 15^{\mu},5$, rarement teinté, avec micropyle le plus souvent à peine apparent ; possédant après segmentation un « reliquat de segmentation » sphérique, libre à côté des quatre sporocystes qui ne contiennent chacun qu'un petit reliquat.

E. stiedæ, oocyste de forme ovoïde plus allongée, à bouts souvent légèrement inégaux; mesurant en moyenne $37^{\mu},5 \times 21^{\mu},5$; souvent coloré en jaune orange; avec large micropyle (dans les crottes); ne possédant pas après segmentation de « reliquat de segmentation » libre et unique, mais un reliquat de même nature volumineux, dans chacun des quatre sporocystes.

Afin de savoir si ces deux espèces de coccidies sont propres au lapin ou peuvent se développer chez d'autres animaux, j'ai fait plusieurs essais d'infection expérimentale du rat, de la souris, du chien, de l'agneau et du chevreau, espèces qui peuvent être parasitées par des coccidies du genre *Eimeria*, ainsi que du cobaye chez lequel il ne semble pas exister des coccidiose naturelle. Je n'ai pu opérer sur le veau, comme l'a fait Van Nederveen.

Je me suis assuré d'abord, par des examens répétés des excréments, que les animaux utilisés, âgés de 8 jours à 3 mois suivant l'espèce, étaient bien indemnes de coccidiose.

Chaque espèce a reçu en ingestion des oocytes mûrs d'*E. stiedæ* et d'*E. perforans* dont la vitalité était contrôlée par infection du lapin.

([1]) Dans deux de mes expériences, le foie pesait 400 et 580g.

Toutes ces expériences ont été négatives : je n'ai pas trouvé dans les excréments, examinés chaque jour, de parasite pouvant se rapporter aux coccidies.

Inversement, j'ai fait ingérer à de jeunes lapins neufs des oocystes mûrs de coccidies du rat et de la souris. Ces espèces ne se sont pas développées chez le lapin ([1]).

Il semble donc qu'*E. stiedæ* et *E. perforans* sont bien des coccidies propres au lapin.

SÉROLOGIE. — *La nature des hémolysines hétérologues* (*Forssmann*). Note de M. S. **Mutermilch**, présentée par M. Roux.

On appelle « hémolysines artificielles homologues » les substances qu'on obtient à la suite de l'introduction parentérale chez les animaux d'hématies étrangères; ces anticorps ne sont capables d'exercer leur action hémolytique que sur les hématies de l'animal donneur, et, à un taux moins élevé, sur les hématies des animaux dont la parenté zoologique est peu éloignée de l'animal donneur (par exemple : mouton et bœuf).

On appelle « hémolysines artificielles hétérologues » les substances qu'on obtient à la suite de l'administration parentérale chez les animaux de divers produits d'origine animale ou végétale, et qui sont capables d'exercer leur action hémolytique sur les hématies des diverses espèces animales ne présentant aucune parenté zoologique avec les animaux donneurs d'antigène.

Ainsi Frouin ([2]), Frouin et Lisbonne ([3]) ont obtenu des hémolysines hétérologues antichien chez le lapin, en lui injectant des lipoïdes extraits de l'œuf ou de l'huile d'œuf. Mais l'exemple le plus frappant d'hémolysines hétérologues a été rapporté par Forssmann ([4]) en 1911; cet auteur a obtenu, notamment, chez le lapin des hémolysines antimouton extrêmement actives, en lui administrant dans le péritoine des extraits de certains organes de cobaye et, particulièrement, des extraits du rein. D'après Forssmann, les reins du cheval, du chien, du chat et de la poule se comportent comme le rein du cobaye; par contre, les organes du lapin, du

---

([1]) Mes résultats s'opposent à ceux de Rudovsky qui aurait trouvé chez le rat une coccidie qu'il croit être une coccidie du lapin.

([2]) *C. R. Soc. biol.*, t. 62, 26 janvier 1907, p. 153.

([3]) *Ibid.*, t. 70, 7 janvier 1911, p. 26.

([4]) *Biochem. Zeitschr.*, 1911, p. 78.

bœuf, du rat et de l'homme ne sont doués d'aucun pouvoir antigène hétérologue.

D'après Forssmann, les hémolysines hétérologues, à l'encontre des hémolysines homologues, peuvent être fixées par les extraits d'organes de cobaye et se comportent, à ce point de vue, comme les hémolysines normales; malgré cette analogie, cet auteur n'a pas conclu à l'identité des hétérolysines avec les hémolysines normales.

Nous avons repris l'étude du phénomène de Forssmann, car le hasard nous a mis entre les mains un test pouvant servir à la différenciation des hémolysines artificielles. En effet, parmi les nombreux moutons dont nous avons eu l'occasion de nous servir pour la séro-réaction de la syphilis, nous avons rencontré un animal dont les hématies se sont montrées insensibles aux hémolysines normales contenues habituellement dans les sérums humains.

Nous avons donc procédé à l'étude sérologique approfondie de ce mouton, dont tous les détails seront consignés dans un Mémoire en préparation. Pour le moment, nous nous bornerons à indiquer les constatations suivantes :

1° Les hématies de notre mouton, (appelons-le « mouton X ») mises en présence de plusieurs centaines de sérums humains, se sont montrées dans 82 pour 100 des cas, totalement insensibles envers l'hémolysine normale de ces sérums, dont la présence dans ces sérums a pu être mise en évidence par les hématies d'un très grand nombre d'autres moutons ; dans 12 pour 100 des sérums restants, les hématies du mouton X se sont montrées légèrement sensibles vis-à-vis les hémolysines humaines normales, mais toujours dans des proportions infiniment plus faibles que les hématies de tous les autres moutons ;

2° Les hémolysines normales contenues dans les sérums de lapin, de bœuf et de rat se comportent, vis-à-vis les hématies du mouton X, comme les hémolysines normales humaines;

3° Les hématies du mouton X, insensibles à l'action des hémolysines normales de l'homme, du lapin, etc., se sont montrées également totalement insensibles vis-à-vis les hémolysines hétérologues de Forssmann obtenues par l'inoculation au lapin des extraits aqueux du rein de cobaye, et dont le taux hémolytique pour les globules de tous les autres moutons atteignait et même dépassait 1 : 1000 ;

4° Les hématies du mouton X, mises en présence des hémolysines artificielles homologues (lapin antimouton, cheval antimouton), se

comportent exactement comme les hématies de divers autres moutons;

5° Les hémolysines normales, à l'encontre des hémolysines artificielles homologues, mises en présence des hématies des divers individus de la race ovine, se montrent actives à des taux différents ; les hétéro-hémolysines de Forssmann se comportent aussi, à ce point de vue, exactement comme les hémolysines normales.

Il faut conclure de toutes ces constatations que :

1° *Les hématies du mouton contiennent toujours la même quantité de récepteurs pour les anticorps artificiels homologues, tandis que la quantité de récepteurs pour les anticorps normaux varie d'un individu à l'autre et peut aller jusqu'à l'absence totale de ces récepteurs (notre mouton* X) ;

2° *Les hémolysines hétérologues de Forssmann se comportent, vis-à-vis des globules de mouton, exactement comme les hémolysines normales.*

IMMUNOLOGIE. — *Immunisation de la Chenille de* Galleria mellonella *par des substances non spécifiques.* Note de MM. **N. Ishimori** et **S. Metalnikov**, présentée par M. F. Mesnil.

De nombreux auteurs ont démontré que la résistance d'un organisme infecté peut être renforcée, non seulement par une vaccination spécifique préalable, mais aussi par l'injection de différentes protéines et même par injection de différents microbes (Bingel, Kolle, Schlossberger, Danysz, etc.). Selon Weichardt, cette protéinothérapie est le résultat d'une stimulation du protoplasme des cellules, c'est-à-dire « Protoplasmaaktivirung ».

Bier aussi, dans ses travaux sur l'inflammation et la « Reiztherapie », insiste sur le rôle des stimulateurs dans la défense organique. D'après lui, toutes les substances qui provoquent l'inflammation et la fièvre amènent une réaction salutaire dans différentes infections [1].

Nous basant sur ces données, nous avons essayé d'immuniser nos chenilles au moyen de diverses substances non spécifiques.

Première expérience. — 10 chenilles reçoivent $\frac{1}{80}$ de centimètre cube d'une émulsion très épaisse d'encre de Chine (préparée avec des bâtons d'origine japonaise). 2 jours après, les mêmes chenilles reçoivent une dose mortelle de Choléra M (culture peu virulente).

24-48 heures après, les 10 chenilles sont vivantes.

10 chenilles témoins, ayant reçu la même dose mortelle, sont toutes mortes.

---

(1) Bier, *Münch. Med. Woch.*, t. 68, 1921, p. 163.

Deuxième expérience. — 10 chenilles reçoivent $\frac{1}{80}$ de centimètre cube d'encre de Chine.

Le lendemain les mêmes chenilles sont injectées avec une dose mortelle de choléra « Pot » (très virulent).

2 jours après, 5 chenilles sont vivantes, les autres sont mortes.

10 chenilles témoins sont toutes mortes.

Troisième expérience. — 5 chenilles reçoivent $\frac{1}{80}$ de centimètre cube de choléra M. chauffé à 58°; 6 chenilles reçoivent $\frac{1}{80}$ de centimètre cube de filtrat de choléra M. chauffé à 130°; 6 chenilles reçoivent $\frac{1}{80}$ de centimètre cube de *Micrococcus galleriæ* n° 3 chauffé à 58°; 6 chenilles reçoivent $\frac{1}{80}$ de centimètre cube d'encre de Chine.

4 jours après, toutes ces chenilles, ainsi que 5 chenilles de contrôle, sont injectées avec des doses mortelles de choléra M. 2-3 jours après, les résultats furent les suivants :

	Choléra M. 58°.	Filtrat 130°.	Micrococ. n° 3, 58°.	Encre de Chine.	Témoins.
Après 48 heures	3 vivantes	3 vivantes	6 vivantes	5 vivantes	6 mortes
»	2 mortes	3 mortes		1 morte	

Cinquième expérience. — 20 décembre : 35 chenilles sont vaccinées de la manière suivante : 1° 5 chenilles reçoivent une émulsion de choléra M. chauffé à 58°; 2° 5 chenilles reçoivent du charbon chauffé à 58°; 3° 5 chenilles reçoivent du *Coli* chauffé à 58°; 4° 5 chenilles reçoivent du b. dysentérique Shiga chauffé à 58°; 5° 5 chenilles reçoivent du bouillon de culture; 6° 5 chenilles reçoivent de l'encre de Chine; 7° 5 chenilles servent de témoins.

6 jours après la vaccination, ces chenilles sont inoculées avec des doses mortelles de choléra M.

Vaccinés avec :	Choléra M. 58°.	Charbon 58°.	*Coli* 58°.	Dysent. 58°.	Bouillon.	Témoins.
27 déc.....	5 vivantes	5 vivantes	5 vivantes	5 vivantes	4 vivantes 1 morte	2 vivantes 3 mortes
29 déc.....	5 vivantes	5 vivantes	5 vivantes	5 vivantes	3 vivantes 2 mortes	5 mortes

Sixième expérience. — 22 décembre : des chenilles sont vaccinées avec le choléra M. 58°; choléra « Pot » 58°; charbon, encre de Chine et bouillon.

12 jours après, le 31, toutes ces chenilles sont injectées avec des doses mortelles de choléra M.

Vaccinés avec :	Choléra M. 58°.	Choléra « Pot » 58°.	Charbon 58°.	Encre Chine.	Bouillon.	Témoins.
4 janvier...	6 vivantes	6 vivantes	4 vivantes 1 morte	3 vivantes 2 mortes	6 mortes	3 vivantes 3 mortes
6 » ...	5 vivantes 1 morte	5 vivantes 1 morte	3 vivantes 2 mortes	2 vivantes 3 mortes	6 mortes	6 mortes

Nous avons obtenu les mêmes résultats avec le *B. coli*.

Septième expérience. — 5 chenilles reçoivent $\frac{1}{80}$ de centimètre cube d'une émulsion de *B. coli* chauffé à 58°; 5 reçoivent $\frac{1}{80}$ de centimètre cube de bacilles dysentériques; 5 reçoivent de l'encre de Chine.

Deux jours après, les mêmes chenilles reçoivent des doses mortelles de choléra M.

	Coli 58°.	Dysentérie 58°.	Encre de Chine.	Témoins.
Après 24 heures.....	5 vivantes	5 vivantes	5 vivantes	2 vivantes 3 mortes
Après 48 heures.....	5 vivantes	5 vivantes	5 vivantes	5 mortes

Toutes ces expériences montrent que les chenilles de *Galleria* s'immunisent très facilement contre le choléra, non seulement au moyen de vaccin spécifique, de filtrats des cultures et d'encre de Chine, mais aussi au moyen de différents microbes (*Coli*, charbon, dysentérie, microcoques n° 3, etc.). Cette immunité acquise se manifeste très clairement 24 heures après l'injection du vaccin et se maintient pendant toute la vie de la chenille.

Plusieurs expériences (6e) nous ont montré que l'immunisation par un vaccin spécifique donne une immunité plus forte et plus stable que par un vaccin non spécifique.

Cependant nous avons vu, dans deux ou trois expériences, les chenilles immunisées au moyen de différents microbes (*Micrococcus galleriæ* n° 3 et *Bacterium galleriæ*, chauffés à 58°) manifester une immunité plus forte que les chenilles immunisées par le vaccin spécifique (voir expér. 3).

A 16h 10m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de mai 1924.

Les eaux minérales radioactives, par M. Piéry et M. Milhaud. Paris, Gaston Doin, 1924; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Charles Moureu.)

Encyclopédie entomologique : *Les moustiques de l'Afrique mineure, de l'Égypte et de la Syrie,* par E. Séguy. Paris, Paul Lechevalier, 1924; 1 vol. 25cm,5.

Couleur et constitution chimique, par J. Martinet. Paris, G. Doin, 1924; 1 vol. 22cm. (Présenté par M. A. Haller.)

Leçons de géométrie vectorielle préliminaires à l'étude de la théorie d'Einstein, par Georges Bouligand. Paris, Vuibert, 1924; 1 vol. 25cm.

Le problème de l'anaphylaxie, par Auguste Lumière. Paris, Gaston Doin, 1924; 1 vol. 22cm. (Présenté par M. E. Roux.)

Bulletin des services de la Carte géologique de la France et des topographies souterraines; études sur le Plateau central. V : *Notes sur le terrain tertiaire de la Limagne bourbonnaise,* par L. de Launay. Paris et Liège, Ch. Béranger, 1923; 1 vol. 24cm.

Expédition antarctique française (1903-1905) commandée par le Dr Jean Charcot; sciences naturelles : documents scientifiques; *Diatomées,* par le commandant Peragallo. Paris, Masson et Cie, 1924; 1 fasc. 28cm,5. (Présenté par M. L. Joubin.)

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, prince souverain de Monaco, publiés sous sa direction, avec le concours de M. Jules Richard. Fasc. LXVII : *Contribution à l'étude des Céphalopodes de l'Atlantique nord* (4e série), par Louis Joubin. Imprimerie de Monaco, 1924; 1 fasc. 35cm.

Métaux et alliages métalliques industriels, par Hector Pécheux. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1924; 1 vol. 19cm.

Centenaire de l'alcoomètre et de l'alambic de Gay-Lussac; leur évolution, par J. Dujardin et ses fils. Paris, 24, rue Pavée, 1924; 1 fasc. 24cm.

Le sommet des Pyrénées; II. *Tuquerouye,* par Henri Béraldi. Paris, 1924; 1 vol. 23cm.

Sylloge algarum omnium Hucusque Cognitarum, vol. VI : *Florideæ,* par Joh. Bapt. de Tony. Patavii, Typis Seminarii, 1924; 1 vol. 25cm.

Jules Violle, par Augustin Boutaric. Dijon, Jobard, 1924; 1 fasc. 25cm.

Nova Caledonia; recherches scientifiques en Nouvelle-Calédonie et aux îles Loyalty. A : *Zoologie,* par L. Berland, O. Schröder, L. Chopard. Berlin, C. W. Kreidel's Verlag, 1924; 1 vol. 29cm.

Araignées de l'île de Pâques et des îles Juan Fernandez, par Lucien Berland.

(Extract from : the natural history of Juan Fernandez and Easter island). Uppsala, Carl Skottsberg, 1924; 1 fasc. 28cm.

Second catalogue de l'Observatoire de Bordeaux, publié sous la direction de M. L. Picart. *Observation des étoiles de repère du Catalogue photographique.* Hendaye, imprimerie de l'Observatoire d'Abbadia, 1924; 1 vol. 28cm,5. (Présenté par M. Benjamin Baillaud.)

Cours de géométrie pure et appliquée de l'École polytechnique, par Maurice d'Ocagne (fascicule complémentaire). Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1924; 1 fasc. 25cm,5.

La géologie sismologique; les tremblements de terre, par le Comte F. de Montessus de Ballore. Paris, Armand Colin, 1924; 1 vol. 25cm,5.

ERRATA.

(Séance du 19 mai 1924.)

Note de M. *W. Vernadsky* et Mlle *C. Chamié*, Sur une pseudomorphose de la curite :

Page 1727, ligne 7, *au lieu de* angles, *lire* sommets; ligne 20, *au lieu de* $2PbO.5HO^3.4HO^2$, *lire* $2PbO.5UO^3.4H^2O$; ligne 30, *au lieu de* massicotite, *lire* minium.

Note de M. *J. Orcel*, Sur un type nouveau de chlorite blanche alumineuse :

Page 1731, ligne 22, *au lieu de* 35 pour 100, *lire* 25 pour 100.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 JUIN 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Émile Picard** offre à l'Académie, de la part de Mme Halphen, le Tome IV et dernier des *Œuvres* de **Georges Halphen**. Ce volume débute par une notice sur Halphen due à Brioschi, et il se termine par quelques lettres échangées entre Halphen et Zeuthen, dont les premières remontent au temps où ces géomètres s'occupaient du célèbre problème des caractéristiques posé jadis par Chasles.

ASTRONOMIE. — *Sur la détermination de l'heure, et sur l'emploi modifié de la méthode des hauteurs correspondantes.* Note de M. **G. Bigourdan.**

Toutes les méthodes employées pour déterminer l'heure avec précision supposent l'uniformité du mouvement de rotation de la Terre, et ici nous admettrons également ce principe.

Ces méthodes sont assez nombreuses, et celle qui est basée sur l'emploi de la *lunette méridienne* (dite aussi méthode des *passages*) est généralement considérée comme la plus précise. Toutefois, quand il s'agit d'évaluer ce degré de précision, les avis sont assez divergents; ainsi certains astronomes pensent qu'avec les derniers perfectionnements cette méthode donne la correction de pendule C_p à un ou deux centièmes de seconde près, tandis que si l'on compare les valeurs de ces C_p obtenus en un *même* lieu avec des lunettes méridiennes différentes, les écarts atteignent assez souvent $0^s,10$ et même davantage.

Il n'est donc pas inutile de passer en revue les méthodes qui peuvent donner soit la correction absolue C_p, soit la marche ΔC_p après un ou plu-

sieurs jours. Ces diverses méthodes sont réunies dans le tableau suivant :

Méthodes donnant C_p	1. Hauteurs correspondantes d'étoiles connues;
	2. Passages méridiens d'étoiles connues (★ horaires, ...);
	3. Hauteurs absolues d'astres connus (navigation, ...);
	4. Hauteurs égales de plusieurs ★ (sextant, astrolabes);
Méthodes donnant ΔC_p	5. Occultation d'une ★ quelconque par un objet fixe éloigné;
	6. Passage à une lunette fixe.

Comparons ces diverses méthodes en commençant par les dernières.

Méthode 5. — Dans certaines limites de distance, cette méthode est d'autant plus sûre que l'objet occultant est plus éloigné, parce que l'effet d'un déplacement relatif est proportionnellement plus réduit. On pourrait augmenter facilement la précision en donnant à l'objet occultant la forme d'un gril à lames sensiblement verticales, et assez nombreuses pour éliminer de la moyenne les erreurs accidentelles.

L'inconvénient principal de cette méthode c'est qu'elle est généralement limitée à l'observation d'astres voisins de l'horizon. Cependant on peut trouver des emplacements où cet inconvénient serait évité : tel est, par exemple, le cas où l'observateur, placé en contre-bas, peut employer un objet occultant placé sur une hauteur.

Méthode 6. — Cette méthode a été fort employée, dans la première moitié du XIXe siècle notamment, et l'on a formé des listes d'étoiles sensiblement de même déclinaison, de sorte que lorsque les unes passent à la lunette pendant le jour, les autres peuvent être observées pendant la nuit. Pour des raisons qui seront indiquées en discutant l'emploi de la lunette méridienne, cette méthode pourrait donner encore des résultats utiles, si la lunette était installée comme une lunette de passages, avec axe assez long et porté par de bons piliers, l'ensemble étant garanti de tout échauffement dissymétrique.

Méthode 4. — Appliquée avec l'astrolabe, elle donne de bons résultats : des comparaisons faites récemment avec la méthode des passages sont en cours de discussion.

Méthode 3. — Cette méthode, précieuse pour le navigateur, ne comporte pas une précision suffisante à terre, en raison des difficultés que présente la mesure très exacte des hauteurs angulaires.

Méthode 2. — Appliquée longtemps avec le quart de cercle mural (Picard, Halley, etc.), elle l'est aujourd'hui avec la lunette méridienne. On a mentionné ci-dessus les discordances auxquelles donne lieu l'emploi de cette lunette, et parmi les causes de ces discordances on voit notamment les suivantes :

L'incertitude de certaines *constantes*, que l'on détermine ou que l'on élimine par des retournements, par de grands déplacements angulaires imprimés à l'instrument. Or dans ces déplacements l'objectif peut changer de position relativement au tube. Par exemple, quand on détermine par le nadir l'inclinaison de l'axe de rotation, il faut amener la lunette à 180° environ de la position qu'elle a dans les observations des étoiles; dans ces dernières observations l'objectif appuie par son poids sur le tube, tandis que dans le premier cas il n'est plus que suspendu en quelque sorte à ce tube. Cela explique pourquoi la lunette méridienne, quand on la laisse à peu près immobile, peut donner des différences d'ascension droite très exactes, permettant même de déterminer des parallaxes relatives, tandis au contraire que parfois elle conduit à des résultats discordants pour la détermination de C_p.

Méthode 1. — Longtemps cette méthode a été considérée comme la plus précise. Du XVIIe siècle au commencement du XIXe on l'employait avec le quart de cercle; et l'on vérifiait avec le fil à plomb la ligne verticale à laquelle on rapportait les hauteurs. Ce moyen de vérification est remplacé aujourd'hui par le niveau à bulle d'air dans le théodolite, dans l'altazimut, etc. La modification que je propose à ce moyen de vérification c'est de constituer l'axe de rotation par une autre lunette, visant un bain de mercure et munie à l'oculaire, c'est-à-dire en haut, d'un micromètre à deux vis rectangulaires, comme dans le cercle méridien. Par ce moyen on pourrait à chaque instant ou ramener l'axe de rotation à une même position, sensiblement verticale, ou (ce qui paraît préférable) déterminer à volonté l'écart des positions successives occupées par l'axe de rotation, et en tenir compte pour corriger les instants observés des passages aux mêmes fils afin de les ramener aux mêmes hauteurs absolues. Par ce moyen, pour passer d'une étoile à une autre, la lunette d'observation conserverait toujours la même position par rapport à la verticale, et l'on échapperait aux difficultés que présente l'emploi de la lunette méridienne. Il y aurait lieu de tenir compte des variations de la réfraction entre les observations, variations bien connues quand on se limite à l'observation d'étoiles suffisamment élevées.

MÉDECINE. — *L'hydrémie au cours du diabète traité par l'insuline. Variations de l'indice réfractométrique du sérum.* Note de MM. **F. Widal, P. Abrami, A. Weill** et **Laudat.**

A mesure que se multiplient les observations de diabète traité par l'insuline, la complexité des effets physiologiques produits par cette substance apparaît davantage. A côté de l'action capitale qu'elle exerce sur le métabolisme des hydrates de carbone et sur celui des substances cétogènes, il nous paraît intéressant de souligner celle qu'elle manifeste à l'égard de l'équilibre hydrique des humeurs.

On sait déjà, grâce aux observations de Léon Blum, de Strasbourg, confirmées par divers observateurs, que chez les diabétiques soumis au traitement par l'insuline, il arrive parfois de constater le développement d'œdèmes plus ou moins considérables. Nous nous sommes demandé si ce fait, qui reste malgré tout exceptionnel, ne représentait pas l'aboutissant d'un processus beaucoup plus général et peut-être, lui, constant, à savoir l'hydratation de l'organisme du diabétique traité par l'insuline. On pouvait supposer en effet que cette substance détermine chez tous les diabétiques, ou tout au moins chez un grand nombre d'entre eux, des perturbations de l'équilibre hydrique que ni l'examen chimique ni même les variations du poids corporel ne parviendraient à révéler, mais dont on pourrait au contraire affirmer l'existence et mesurer le degré grâce à la réfractométrie du sérum sanguin.

Les faits que nous rapportons aujourd'hui prouvent qu'il en est réellement ainsi. Nos observations, recueillies sur huit diabétiques chez lesquels le traitement par l'insuline a été interrompu puis repris un certain nombre de fois, ont porté au total sur dix-neuf périodes de cures. La réfractométrie était effectuée chaque jour, sur le sérum sanguin avec toutes les précautions d'usage.

Or, tandis que jamais, au cours des dix-neuf cures d'insuline, nous n'avons noté de concentration sanguine, quinze fois, au contraire, il y eut dilution. Cette dilution, véritable œdème du sang, présente en général trois caractères des plus nets : sa brusquerie d'apparition, son intensité et sa durée.

Elle survient en effet, dans la majorité des cas, dès les premières vingt-quatre heures qui suivent l'injection d'insuline, plus rarement après deux jours. On peut assister alors à des dilutions sanguines telles qu'elles

abaissent le chiffre des albumines du sérum de 91^g à $76^g,8$, comme nous l'avons observé chez un de nos malades. Cette augmentation immédiate de l'hydrémie, provoquée par les premières injections d'insuline, est indépendante de l'état d'hydratation antérieure de l'organisme; on peut en effet la voir survenir, avec une égale intensité, chez des diabétiques profondément déshydratés, au sang concentré, comme ils le sont fréquemment aux approches du coma, et chez d'autres, en équilibre de poids, et dont l'hydrémie est normale.

En outre de sa rapidité d'apparition et de son intensité, la dilution sanguine provoquée par l'insuline présente généralement un troisième caractère, qui est sa durée. On voit, en pareil cas, l'hydrémie persister ou même s'accentuer, bien que le traitement ait été suspendu; chez certains malades, cette hydratation progressive, survivant à la cure d'insuline qui l'a déclenchée, peut même aboutir tardivement à la formation d'œdèmes.

Toutefois les faits qui viennent d'être rapportés ne sont pas constants, et ce sont précisément les exceptions observées qui rendent difficile l'interprétation du mode d'action de l'insuline sur ce métabolisme de l'eau chez les diabétiques.

Tantôt il n'y a aucun parallélisme entre la dilution sanguine constatée au réfractomètre, et la rétention d'eau totale par l'organisme, que mesurent le bilan des échanges et la pesée quotidienne du malade. Tout se passe alors comme si l'action de l'insuline consistait dans un déplacement de l'eau, plutôt que dans une rétention véritable.

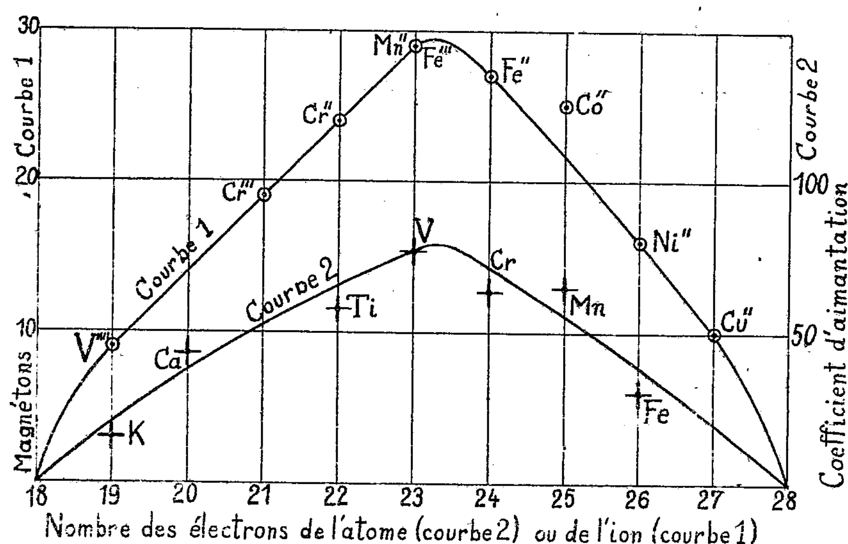
Tantôt, malgré une action des plus nettes sur la glycémie, l'acétonurie, l'amélioration des échanges azotés, l'insuline ne détermine que des variations de l'hydrémie insignifiantes, ou contraires d'un jour à l'autre.

Tantôt enfin, malgré la continuation prolongée de la cure d'insuline, le sang, après s'être d'abord plus ou moins dilué, se maintient désormais à un taux d'hydratation fixe, ou même se concentre à nouveau.

Dans cette étude si complexe de l'hydratation au cours du diabète traité par l'insuline, le réfractomètre apporte un élément nouveau, dont on ne saurait désormais se passer; en nous permettant de déceler et de chiffrer ceux des troubles métaboliques de l'eau qui affectent le sang, il nous fournit un moyen de pénétrer plus avant dans la connaissance des phénomènes d'hydratation des tissus provoqués par l'insuline.

MAGNÉTISME. — *Sur le paramagnétisme indépendant de la température.* Note (¹) de M. **Pierre Weiss** et de Mlle **Paule Collet**.

On possède une théorie électronique du diamagnétisme et une théorie de mécanique statistique du paramagnétisme variable avec la température. Il existe un troisième type de magnétisme faible : le paramagnétisme indépendant de la température dont les corps simples, à l'état solide, fournissent de nombreux exemples. Seul ce paramagnétisme constant demeure rebelle à toute théorie. Nous avons cherché dans quelques données anciennes et une observation nouvelle les éléments d'une hypothèse sur ce phénomène. A cet effet nous avons comparé la marche des deux paramagnétismes, variable et constant, dans la famille du système périodique qui s'étend de l'argon au cuivre.



Rappelons d'abord que Cabrera, développant une idée de Kossel, a montré que les moments des ions de la famille du fer, déduits du paramagnétisme variable, se placent sur une courbe régulière (courbe 1) en fonction du nombre des électrons présents dans l'ion, c'est-à-dire du nombre total des électrons de l'atome (ou numéro atomique), diminué de la valence de l'ion. Ainsi dans l'ion Fe''' il y a 26 — 3 et dans l'ion Mn'' il y a 25 — 2 élec-

(¹) Séance du 16 juin 1924.

trons. Ils sont l'un et l'autre portés en abscisse à 23, et leur moment atomique dominant étant le même (29 magnétons) ils sont représentés par le même point de la courbe 1. Cette représentation met en évidence la marche générale du paramagnétisme variable dans la famille du fer; elle est incomplète en ce que, ne tenant compte que des moments *dominants*, elle ignore qu'un même ion peut prendre plusieurs moments différents (par exemple Co″ existe avec 24 et 25 magnétons). Elle présente une irrégularité dans la région de l'abscisse 25. Cette courbe repose sur des mesures de haute précision.

Nous avons représenté d'une manière analogue le paramagnétisme indépendant de la température. Puisqu'il s'agit en première ligne de corps simples nous devons logiquement porter en abscisses les numéros atomiques sans déduction de la valence. Nous portons en ordonnées les coefficients d'aimantation rapportés à l'atome, empruntés à Honda (¹) et à Owen (²):

Élément.	Numéro atomique.	Coefficient d'aimantation atomique.
K	19	$15,6.10^{-6}$
Ca	20	44
Ti	22	57,7
V	23	76,5

Ils dessinent une branche ascendante (courbe 2) partant de la même abscisse 18 que la courbe 1 et ayant avec elle une parenté évidente. (Nous laissons de côté le paramagnétisme du Cr métallique, beaucoup plus élevé, qui tombe en dehors de la série.)

Mais on rencontre aussi des *combinaisons* à paramagnétisme constant. Le permanganate et le ferrocyanure de potassium étudiés par Ishiwara (³) de $-170°$ à $+20°$ sont dans ce cas. Pour le premier le résultat brut est paramagnétique, pour le second il est diamagnétique, mais le diamagnétisme observé est nettement plus faible que la somme des diamagnétismes des atomes autres que le fer. Défalcation faite du diamagnétisme du reste de la molécule, on trouve :

Élément.	Numéro atomique.	Coefficient d'aimantation atomique.
Mn	25	$64,4.10^{-6}$.
Fe	26	29,8

(¹) *Annalen der Physik.*, t. 32, 1910, p. 1027, et *Science Reports* Tokio, t. 1, 1912, p. 1.

(²) *Annalen der Physik.*, t. 37, 1912, p. 657.

(³) *Science Reports*, Tokio, t. 3, 1914, p. 303.

Nous ajoutons à ces nombres un résultat nouveau ; nous avons mesuré par la méthode d'ascension le paramagnétisme du bichromate de potassium en solution et l'avons trouvé constant entre 14° et 50°, dans les limites de précision des mesures (1,5 pour 100). C'est la première fois, croyons-nous, que l'on rencontre le paramagnétisme constant dans une solution. La mesure absolue à la température ordinaire a donné après déduction du diamagnétisme du reste de la molécule :

Élément.	Numéro atomique.	Coefficient d'aimantation atomique.
Cr	24	$63,3.10^{-6}$

Pour ces trois combinaisons oxygénées la constitution électronique du porteur du magnétisme est moins bien connue que dans le cas des ions ou des éléments. Nous avons, d'une manière conséquente, porté leurs coefficients d'aimantation en fonction du numéro atomique lui-même, sans déduction, comme ceux des autres substances à coefficient constant.

Ils dessinent la branche de la courbe 2 analogue à la branche descendante de la courbe de Cabrera.

Les observations portées sur la courbe 2 sont en général moins précises que celles de la courbe 1. Dans les métaux l'influence énorme de traces de fer rend les mesures incertaines et dans les combinaisons le terme correctif du diamagnétisme, qui est du même ordre que la quantité cherchée, est connu avec une précision faible.

On devrait sans doute, pour obtenir le paramagnétisme constant dans sa pureté, déduire encore le diamagnétisme sous-jacent de l'élément paramagnétique lui-même. Mais celui-ci, peu variable dans l'étendue de la famille du fer, n'est connu que quant à son ordre de grandeur (environ -20×10^{-6}). Cette correction qui augmenterait toutes les ordonnées ne changerait pas la physionomie du phénomène.

Le parallélisme des deux courbes suggère les hypothèses suivantes : 1° *Les substances à paramagnétisme constant possèdent, à nombre d'électrons égal, les mêmes moments atomiques que les ions ;* 2° *les coefficients d'aimantation sont proportionnels aux moments.*

Dans le cas du paramagnétisme variable et dans celui du paramagnétisme constant, le champ extérieur tend à orienter les moments. Mais tandis que dans le premier la force antagoniste résulte de l'agitation thermique, dans le second elle est de nature inconnue. On peut, pour en donner une expression numérique, l'assimiler à l'effet d'un champ magnétique de direction fixe par rapport à l'atome.

Dans une substance isotrope ces champs intra-atomiques H_α seront

répartis également dans toutes les directions. On a alors

$$H_\alpha = \frac{2}{3}\frac{\sigma_0}{\chi},$$

où σ_0 est le moment et χ le coefficient d'aimantation atomiques.

Si les ordonnées des deux courbes étaient proportionnelles (hypothèse 2), ce qui est le cas avec une grossière approximation, le champ intra-atomique aurait, dans tous les atomes présentant le paramagnétisme constant, la même valeur de l'ordre de 300 millions de gauss.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Décomposition catalytique d'hydrocarbures hexahydroaromatiques et aliphatiques saturés. Contribution à l'étude du cracking des pétroles.* Note (¹) de MM. **V. Grignard** et **R. Stratford**.

MM. Gault, Hessel et Altchidjian (²) viennent de présenter à l'Académie des Sciences le début d'une étude sur la décomposition pyrogénée des hydrocarbures.

De notre côté, nous avons entrepris, il y a deux ans environ, une étude à peu près parallèle à la précédente et destinée, comme celle-ci, à essayer d'élucider le mécanisme de la décomposition des hydrocarbures. Mais nous avons préféré opérer en présence d'un catalyseur, afin de réduire au minimum l'influence de la température (³).

A la suite des beaux travaux de Friedel et Crafts, l'action du chlorure d'aluminium sur les hydrocarbures aromatiques substitués avait été étudiée par de nombreux chimistes. Au contraire, à peu près rien n'avait été fait sur les hydrocarbures cyclaniques et sur les aliphatiques saturés qui sont les constituants essentiels des pétroles. On savait cependant que le cracking des pétroles en présence du chlorure d'aluminium conduit exclusivement, comme produits distillables, à des hydrocarbures saturés.

Mais les recherches industrielles de Mc Afee (⁴), aussi bien que l'étude de laboratoire effectuée par A. Pictet et Mlle Lerezynska (⁵), ayant porté sur des mélanges com-

---

(¹) Séance du 10 juin 1924.

(²) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1562.

(³) Ce travail avait été amorcé pendant la guerre par des recherches sur les pétroles effectuées par MM. Grignard, G. Rivat et C. Toussaint, avant que leur fussent connus les résultats de Mc Afee et de A. Pictet et I. Lerezynska, lesquels d'ailleurs ils n'apportaient aucun fait nouveau.

(⁴) *J. Ind. Chem.*, t. 7, 1915, p. 737.

(⁵) *Bull. Soc. chim.*, t. 19, 1916, p. 326.

plexes, il n'avait pas été possible de saisir avec quelque précision le mécanisme des transformations.

Il nous a donc paru intéressant d'étudier, isolément et à l'état pur, un certain nombre d'hydrocarbures analogues à ceux que l'on rencontre dans les pétroles.

A côté d'hydrocarbures aliphatiques à chaînes normales ou ramifiées, nous avons choisi uniquement, pour l'instant, une série d'hydrocarbures cyclohexaniques, plus faciles à se procurer que les cyclopentanes.

La place manque ici pour exposer en détail l'ensemble de ce travail ([1]); nous nous contenterons d'en indiquer les grandes lignes et d'en souligner les résultats les plus importants.

Les hydrocarbures initiaux ont été préparés par divers procédés classiques. En particulier, pour les cyclohexanes, nous avons employé très avantageusement la méthode d'hydrogénation catalytique des benzènes substitués, en présence de noir de platine oxydé, suivant la méthode de Voorhees et R. Adams ([2]), avec la modification de R. Adams et R. Schriner ([3]).

Nous avons ainsi utilisé : dans la série aliphatique, l'octane, le décane et l'heptadécane normaux, le diisobutyle et le diisoamyle; dans la série cyclohexanique, le cyclohexane, le méthylcyclohexane, les trois diméthyl-, le *m*-diéthyl-, les *n*-propyl- et isopropyl-, les *n*-butyl-, sec-butyl- et tert-butyl-, enfin les *n*-amyl- et isoamylcyclohexanes.

Le cracking des hydrocarbures a été étudié sur des quantités de chlorure d'aluminium variant entre 20 et 30 pour 100 du poids, et à des températures généralement comprises entre 120 et 150°.

Les gaz dégagés ont été identifiés par liquéfaction, détermination approximative du point d'ébullition et combustion eudiométrique. Les carbures cyclohexaniques, par déshydrogénation catalytique sur le palladium, vers 300°, selon la méthode de Zelinsky ([4]), ont été transformés en carbures aromatiques correspondants faciles à caractériser.

Voici les résultats les plus importants :

1° Le cyclohexane et le méthylcyclohexane ne sont pas modifiés. Les diméthylcyclohexanes *o*- et *p*- s'isomérisent en méta, le *p*-, moins facilement que l'*o*.

([1]) Pour les détails, voir *Thèse* de R. Stratford (Lyon, 1924).

([2]) et ([3]) *J. Am. Ch. Soc.*, t. 44, 1922, p. 1397; t. 45, 1923, p. 2171.

([4]) *Ber.*, t. 44, 1911, p. 312.

2° Les dérivés à chaîne latérale en C^2 ou C^3, ramifiée ou non, ne subissent que très faiblement le cracking, c'est-à-dire qu'une légère proportion (1 à 5 pour 100) est dédoublée en carbure saturé correspondant au radical aliphatique et en cyclohexène qui se polymérise en présence de $AlCl^3$. Mais d'autre part, tout le reste du produit initial est isomérisé : la chaîne latérale donne naissance à autant de groupements CH^3 qu'elle contient d'atomes de C et ceux-ci se fixent sur le noyau, en méta les uns par rapport aux autres.

Le *m*-diéthylcyclohexane est surtout transformé en tétraméthylcyclohexane, mais quand les deux radicaux « éthyl » se détachent, ils se soudent en butane.

3° Avec les trois butylcyclohexanes, le cracking augmente un peu (13 à 15 pour 100); avec le normal et le secondaire, l'hydrocarbure libéré est du *n*-butane, le tertiobutylcyclohexane donne un mélange des deux butanes. Le reste de l'hydrocarbure initial est transformé en un mélange de tétraméthylcyclohexanes.

4° Les amyl- et isoamylcyclohexanes présentent un fait nouveau. Le cracking est beaucoup plus important (70 et 42 pour 100), mais c'est encore du butane normal qui se sépare. Il y a donc rupture de la chaîne, non plus à son origine, mais entre les premier et deuxième atomes de carbone. En correspondance avec ce phénomène, il se fait du méthylcyclohexane.

L'isomérisation se produit comme précédemment sur le reste du composé primitif et conduit à un mélange de tétraméthyl- et de pentaméthylcyclohexanes.

Ainsi, les cyclohexanes substitués subissent une double transformation : un cracking dont l'importance, nulle au début, augmente avec la longueur de la chaîne et une isomérisation qui conduit uniquement à des polyméthylcyclohexanes.

5° Les hydrocarbures aliphatiques étudiés, *n*-octane et diisobutyle, *n*-décane et diisoamyle, heptadécane, ont manifesté une propriété encore insoupçonnée. Le cracking sépare dans tous les cas du butane normal et aussitôt que la chaîne devient assez longue, c'est-à-dire à partir des décanes, elle se coupe simultanément par les deux extrémités. Bien entendu, comme précédemment, le tronçon non saturé se polymérise plus ou moins.

Cet ensemble de résultats semble donc manifester nettement une aptitude particulière, aussi bien des chaînes latérales cyclohexaniques que des chaînes aliphatiques, à donner du butane normal sous l'action du chlorure d'aluminium. Les proportions varient avec la température, la durée

du chauffage et la quantité de catalyseur, mais le phénomène reste le même.

On peut, dans une certaine mesure, expliquer ces faits, en s'appuyant sur la théorie de l'*affinité variable* de Meerwein et de Orekhoff, mais un certain nombre de points restent obscurs et appellent de nouvelles expériences. En particulier, il y aurait lieu d'examiner le cas des cyclohexanes substitués par des chaînes supérieures à C^5 et, dans la série aliphatique, les nonanes et les chaînes ramifiées ailleurs qu'à l'extrémité. D'autre part, les cyclopentanes sont à étudier en entier.

Enfin, il y a lieu de rechercher dans quelles conditions et sous l'influence de quels catalyseurs peuvent se former ou se rompre les cycles en C^5 et C^6, pour ne parler que des plus importants. O. Aschan ([1]), par action du chlorure d'aluminium sur l'amylène, pense bien avoir obtenu, à côté d'autres produits, un peu de méthylcyclobutane et, avec le cyclohexane, un peu de méthylcyclopentane. Mais ces résultats sont trop imprécis et trop isolés pour jeter quelque clarté sur le problème.

TOXICOLOGIE. — *Sur la toxicité des sels de cuivre.* Note de M. **Jean Effront.**

On emploie couramment les sels de cuivre pour le verdissage des légumes (pois, haricots, cornichons, etc.). Les légumes ainsi traités contiennent souvent jusqu'à $0^g,020$ pour 100 de cuivre métallique, ce qui représente une dose environ 30 fois plus forte que leur teneur normale en métal. Pour justifier cette pratique, on affirme que le métal forme une combinaison insoluble, et que la dose de cuivre que contient le légume ainsi verdi est trop faible pour être nocive.

Mais les combinaisons par absorption du cuivre sont loin d'avoir la stabilité qu'on leur attribue et, de plus, des doses très faibles de cuivre peuvent, dans certains cas, produire des conséquences fâcheuses pour l'organisme.

A l'appui de cette opinion, nous pouvons citer des constatations de fait, qui nous permettront, en outre, de rechercher les facteurs qui interviennent dans la toxicité du métal.

Dans un pensionnat des environs de Grenoble, où j'étais de passage, j'avais, avec deux autres personnes, cueilli des groseilles d'arbustes placés entre des plants de vigne,

([1]) *Lieb. Ann.*, t. 324, 1902, p. 1.

sulfatés depuis peu. Au cours de la récolte, qui servit au dessert de quinze pensionnaires, nous avions absorbé une certaine quantité de fruits. Or, dans la soirée nous tombâmes tous trois malades. L'indisposition accompagnée des signes caractéristiques de l'empoisonnement : vomissements, coliques, etc., dura 24 heures pour deux d'entre nous et une huitaine de jours pour le troisième. Le médecin traitant l'attribua à une intoxication par le cuivre, et l'on peut admettre une corrélation entre cette intoxication et le fait que les plants de vigne avoisinant les groseilliers avaient été traités par la bouillie bordelaise. L'analyse des fruits révéla, en effet, la présence de $0^g,038$ pour 100 de cuivre. Les 50 à 150^g de groseilles que pouvait avoir absorbé chacun de nous contenaient donc 20 à 60^{mg} de cuivre. Mais, fait caractéristique, les quinze personnes qui mangèrent de ces groseilles comme dessert ne furent pas incommodées. On en peut conclure que le cuivre à faible dose peut être toxique, mais que ses propriétés toxiques varient jusqu'à disparaître, suivant qu'il est absorbé à jeun ou pendant un repas.

Un autre fait nous a été rapporté par M. Blanchet : Dans une propriété des environs de Châteauroux où se pratique l'élevage, les lapins sont parfois nourris, à défaut d'herbes, par des feuillages de vigne. Or il a été constaté que cette nourriture devient dangereuse après le sulfatage. Elle provoque alors des empoisonnements. Il y a été constaté aussi que cet inconvénient ne se produit qu'en cas de suppression simultanée des betteraves qui généralement entrent dans la ration régulière. L'addition d'une faible dose de betteraves à la nourriture permettait aux animaux de supporter sans inconvénient les feuilles sulfatées. Cette action des betteraves s'explique par la propriété qu'ont les pulpes végétales d'absorber les sels métalliques.

L'action différente du cuivre, suivant qu'il est absorbé à jeun ou pendant les repas s'explique de la même manière. Les légumes, pommes de terre, salades, possèdent tous, quoique à des degrés différents, un pouvoir absorbant pour les métaux. Lorsque le cuivre se fixe, en cours de digestion, sur des pulpes, il est éliminé, sans inconvénient, avec les excréments.

Et si l'on peut, suivant l'expérience ancienne de Galippe, se servir sans inconvénient d'ustensiles de cuivre pour la cuisine, c'est probablement aussi grâce au pouvoir absorbant de certains aliments qui rendent inoffensif le vert-de-gris.

Le tableau ci-dessous indique le degré du pouvoir absorbant de différentes pulpes :

Absorbants.	100^g de pulpe absorbent de sulfate de cuivre anhydre.	Épuisement pour 100.
Pommes de terre	$4^g,29$	24,6
Poireaux	4,97	27,5
Betteraves	7,06	40,4
Navets	12,36	68,5

Les constatations ci-dessus ont été faites au moyen de solutions de sulfate de cuivre contenant $7^{g},215$ de SO^4Cu, et avec 4^{g} de pulpe dans 100^{cm^3}.

L'absorption par la pulpe de navet donne des résultats variables suivant le degré de dilution :

Sel de cuivre par litre.	100g de pulpe absorbent de sulfate de cuivre anhydre.	Épuisement pour 100.
14,43	g 15,24	41,7
7,215	12,36	68,5
3,607	8,45	94,36

On constate que l'absorption est beaucoup plus complète dans les solutions diluées. On arrive, en effet, à un degré d'épuisement de 94,36 pour 100, ce qui revient à dire que la pulpe enlève 94,36 pour 100 du cuivre contenu dans la solution. En employant un excédent de pulpe, on arrive à un épuisement pratiquement complet.

Dans la pulpe retirée de la solution de sulfate de cuivre, on constate la présence de sulfate. Cette constatation nous a amené tout d'abord à croire que le cuivre se trouve absorbé à l'état de sulfate de cuivre ([1]). Une analyse quantitative d'acide sulfurique dans la pulpe d'une part et dans le liquide de l'autre a démontré que le métal seul se trouve fixé sur la pulpe. La réaction se passe entre l'organate alcalin et le sel métallique en produisant un organate de cuivre et un sulfate alcalin, ce dernier pouvant être enlevé complètement par lavages.

Les pulpes, en sortant du bain de cuivre, ne cèdent pas le métal absorbé par lavage à l'eau. Mais les essais faits pour extraire le sel de cuivre des pulpes démontrent que le phénomène d'absorption est réversible dans certains cas.

A ce point de vue, la réaction du milieu joue un grand rôle. En présence d'une faible dose d'acide (moins de 1^{g} par litre) il y a extraction, mais très faible. Le retour s'accentue à mesure qu'on augmente l'acidité. On peut arriver à extraire de 30 à 50 pour 100.

On augmente aussi l'extraction en ajoutant à la solution soit de sels de calcium, soit des peptones. Avec une solution d'acétate de calcium N/10 on retire 25 pour 100 du sel de cuivre contenu dans la pulpe. L'action des peptones est curieuse. Les peptones Witte à 1 pour 100 produisent déjà un certain effet. Mais les peptones trypsiques sont beaucoup plus actives et, dans les mêmes conditions de concentration, le retour dépasse 40 pour 100.

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2032.

En résumé, les sels de cuivre qui, absorbés en faible dose, étaient considérés comme inoffensifs, peuvent, dans certains cas, provoquer des accidents graves.

Leur toxicité dépend de deux facteurs :

1° Du pouvoir absorbant des aliments;

2° De la réversibilité dans l'absorption.

Dans l'alimentation normale, il entre dans le régime assez de substances absorbantes (légumes, salades, fruits, etc.), pour retenir et rendre inoffensif le cuivre. Mais en cas d'hyperchlorhydrie et, en général, dans tous les cas où l'assimilation se trouve ralentie, l'action nocive du cuivre pourrait se manifester, à la suite de la mise en liberté du cuivre absorbé.

Les sels de plomb se comportent de la même façon que les sels de cuivre. Ils sont même absorbés plus activement. Ils fournissent aussi des combinaisons par absorption irréversible et se laissent aussi extraire, en présence d'une forte acidité, par les sels de calcium et les peptones. Les pulpes végétales sont donc des antidotes tout à fait naturels des sels de cuivre et de plomb.

ÉLECTIONS.

Par 46 suffrages contre 4 à M. *Thaxter*, 2 à M. *De Wildeman* et 1 bulletin blanc, M. **Giovanni Battista De Toni** est élu Correspondant pour la Section de Botanique en remplacement de M. *Warming*, décédé.

PRÉSENTATIONS.

Pour la chaire de *Physique générale dans ses rapports avec l'industrie* déclarée vacante au Conservatoire national des Arts et Métiers, M. **Jules Lemoine** est désigné en première ligne par 55 suffrages contre 1 à M. *Edmond Bauer*.

Pour la seconde ligne, M. **Edmond Bauer** obtient l'unanimité des 45 suffrages.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'instruction publique, des beaux-arts et de l'enseignement technique comprendra :

En première ligne. . . . . M. **Jules Lemoine**
En seconde ligne . . . . M. **Edmond Bauer**

Pour la chaire de *Chimie appliquée aux industries des chaux et ciments, céramique et verrerie, applications du chauffage industriel à ces industries*, déclarée vacante au Conservatoire national des Arts et Métiers, M. **Emilio Damour** est désigné en première ligne par 37 suffrages contre 15 à M. *Albert Granger*. Il y a 1 bulletin blanc.

Pour la seconde ligne, M. **Albert Granger** obtient 35 suffrages contre 1 à M. *Frion*. Il y a 5 bulletins blancs.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'instruction publique, des beaux-arts et de l'enseignement technique comprendra :

En première ligne . . . . M. **Emilio Damour**
En seconde ligne . . . . M. **Albert Granger**

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Blood as a physicochemical system* (II), par L. J. Henderson, A. V. Bock, H. Field Jr et J. L. Stoddard. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

2° *Résultats des fouilles de la grotte sépulcrale néolithique de Minh Cam* (*Annam*). *Note sur un outil en rhyolite grossièrement taillé provenant du massif du Bac Son* (*Tonkin*), par Étienne Patte.

3° C. Levaditi. *Le bismuth dans le traitement de la syphilis*. (Présenté par M. E. Roux.)

4° Les quinze premiers volumes du *Journal of the Indian Mathematical Society*.

5° Union internationale de physique pure et appliquée. *Assemblée générale constitutive — Paris, décembre* 1923. *Procès-verbal.*

M. F. **Fenaert**, directeur de l'**École des hautes études commerciales et industrielles de Lille**, adresse un Rapport sur l'emploi qui a été fait de la subvention accordée en 1919 sur la *Fondation Loutreuil*.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Sur les systèmes de points dans un plan.* Note de M. Marcel Légaut.

1. Soit A un système de points d'un plan (en nombre fini). Appelons *singularité* de A, pour une courbe quelconque du plan de degré l, l'excès du nombre des points de A sur le nombre des conditions indépendantes que A impose à une courbe d'ordre l pour le contenir. Je me suis proposé de calculer, dans des cas très étendus, la singularité d'un système A. Je donnerai ci-après un aperçu de la méthode que j'ai employée. Les seules propositions qu'elle utilise sont des conséquences immédiates d'un théorème classique de Nœther.

J'entendrai par l'expression « la courbe d'ordre l » une courbe quelconque de ce degré. J'appelle *première courbe minima* d'un système A, la courbe de plus petit degré qui puisse passer par A. Suivant les circonstances, elle est unique ou dépend de paramètres. La *deuxième courbe minima* est la courbe de plus petit degré qui puisse passer par A sans contenir nécessairement la précédente. Elle n'est jamais unique, mais en général recoupe cette dernière suivant un nouveau système A_1, bien déterminé. A_1 est le premier réduit de A; le premier réduit de A_1 est le deuxième réduit de A, etc. L'ensemble des réduits de A constitue sa *réduction*. Cette réduction est rattachée intimement au système A, c'est de sa considération que je déduis le calcul de la singularité.

Je suppose dans la suite de ce travail que les systèmes de points étudiés, ainsi que leurs réduits sont constitués par des *points non infiniment voisins*. C'est d'ailleurs là une restriction suffisante, mais *non nécessaire* à l'exactitude du raisonnement employé.

2. *Construction des systèmes de points réguliers.* — J'appelle système général, un système de A points qui impose A conditions indépendantes à sa première courbe minima pour qu'elle le contienne. Un tel système se réduit, comme je le démontre, à l'intersection totale de deux droites, d'une droite et d'une conique ou de deux coniques. En faisant passer par ce système deux courbes de degré suffisamment élevé, on obtient un nouveau système B qui les admet pour courbes minima. On conçoit ainsi la manière de construire des systèmes de points de plus en plus complexes. D'une façon précise, si le système A admet des courbes minima de degrés n et m, et si son premier réduit admet la première courbe minima de degré n_1, les degrés z et t des deux courbes qui permettent d'obtenir le nouveau système B

doivent satisfaire aux inégalités

$$s \geqq t \geqq m + n - n_1.$$

Remarquons que les courbes ne sont pas obligatoirement indécomposables, mais si elles sont composées, on suppose essentiellement que chaque partie indécomposable contienne des points des systèmes A et B. Les systèmes ainsi obtenus sont dits *réguliers*, en ce sens qu'aucun de leurs réduits n'admet une première courbe minima dont une partie indécomposable ne passe par aucun point du réduit suivant. Par définition la *spécialité* d'un système désigne actuellement le rang du premier réduit général.

3. *Singularité des systèmes de points réguliers.* — Elle se déduit de la considération de la réduction du système. Soit A un système de courbes minima C_n et C_m, de degrés n et m, dont le réduit A_1 admet la première courbe minima C_{n_1}. C_n et C_{n_1} se recoupent suivant le système α : A et α sont corésiduels sur C_n, de sorte que les séries découpées sur C_n par les courbes de degré l passant par A et celles de degré $l + n_1 - m$ passant par α sont confondues. L'égalité des dimensions de ces deux séries détermine une relation entre la singularité de A pour les courbes de degré l et celle de α pour les courbes de degré $l + n_1 - m$. On raisonne de même avec α et A_2, deuxième réduit de A, etc. jusqu'au premier système général de la réduction dont la singularité est nulle.

La singularité d'un système régulier, de spécialité σ, est donnée par les expressions suivantes :

$$h_0 \leqq l < h_c, \qquad s^l = A - \frac{(l+1)(l+2)}{2} + \sum_0^u [\psi_{(h_{2i}-l)} + \psi_{(k_{2i}-l)}],$$

$$h_c \leqq l, \qquad s^l = \sum_0^\rho [\varphi_{(h_{2i+1}-l)} + \varphi_{(k_{2i+1}-l)}];$$

$$\varphi(u-l) = \frac{(u-l-1)(u-l-2)}{2} \quad \text{si} \quad l < u-2, \qquad \varphi(u-l) = 0 \quad \text{si} \quad l \geqq u-2;$$

$$\psi(u-l) = \frac{(u-l-1)(u-l-2)}{2} \quad \text{si} \quad l \geqq u, \qquad \psi(u-l) = 0 \quad \text{si} \quad l < u;$$

$$h_{2i} = M - M_1 \ldots + n_{2i}, \qquad k_{2i} = M - M_1 \ldots + m_{2i},$$

$$h_{2i+1} = M - M_1 \ldots - n_{2i+1}, \qquad k_{2i+1} = M - M_1 \ldots - m_{2i+1}.$$

$$h_c = M - M_1 \ldots + n_{2u+2} \qquad (M_i = m_i + n_i),$$

$$\frac{\sigma-2}{2} \leqq u < \frac{\sigma}{2}, \qquad \frac{\sigma-3}{2} \leqq \rho < \frac{\sigma-1}{2}.$$

La donnée des nombres h et k, appelés *caractéristiques*, ainsi que celle

du nombre A des points permettent de construire le système puisque leurs expressions donnent les degrés des courbes minima des réduits successifs.

Voici une proposition qui fera comprendre l'importance du rôle des caractéristiques.

L'équation générale des courbes de degré l, passant par un système de points, peut se mettre sous la forme

$$F_l = \sum_0^u [u_{2i} F_{h_{2i}} + v_{2i} F_{k_{2i}}] + \sum_0^r w_i F_{h_c}^{(i)} = 0,$$

$F_{h_{2i}} = 0$, $F_{k_{2i}} = 0$, $F_{h_c}^{(i)} = 0$ sont les équations de courbes passant par le système, convenablement choisies, de degrés h_{2i}, k_{2i}, h_c; u_{2i}, v_{2i}, w_{2i} des polynomes arbitraires de degrés $l - h_{2i}$, $l - k_{2i}$, $l - h_c$ qui sont identiquement nuls quand ces quantités sont négatives.

Si l est suffisamment grand, il n'est pas nécessaire d'employer toutes ces courbes. Ainsi *lorsque l est supérieur à $h_0 + k_0 + h_2 - k_2 - 2$, l'équation générale des courbes de degré l passant par le système est*

$$F_l = u_0 F_{h_0} + v_0 F_{k_0} + u_2 F_{h_2} = 0.$$

MÉCANIQUE. — *La gravitation et le principe de l'égalité de l'action et de la réaction.* Note de M. G. **Maneff**, présentée par M. L. Lecornu.

I. En comparant les différentes théories concernant l'électrodynamique des corps en mouvement, H. Poincaré [1] a montré que la théorie de M. H. Lorentz, tout en étant la plus satisfaisante, présente un point faible : elle ne s'accorde pas avec le principe de l'égalité de l'action et de la réaction. C'est ce qui a poussé M. Abraham [2] à considérer la quantité de mouvement électromagnétique. Hasenöhrl [3] en admettant la quantité électromagné tique a montré qu'on en peut déduire la contraction de Lorentz. Enfin M. M. Planck [4] a introduit cette quantité dans la dynamique générale et il considère le troisième principe de Newton ainsi étendu comme un théorème de l'inertie de l'énergie.

II. Nous prenons comme base de nos considérations le principe de l'éga-

---

(1) *Électricité et Optique*, 1901, p. 448.
(2) *Annalen der Physik*, t. 10, 1903, p. 105.
(3) *Sitz. Ber. d. Akad zu Wien*, t. 116, IIa, 1907, p. 1400.
(4) *Phys. Zeitschr.*, t. 9, 1908, p. 828.

lité de l'action et de la réaction ainsi généralisé pour l'énergie et le temps absolu de la mécanique classique. Nos montres marchent dans tous les systèmes immobiles et en mouvement avec le même temps (temps universel). Les transformations de Lorentz s'ensuivent de manière naturelle (Hasenöhrl) et la contraction des longueurs et la dilatation du temps, ainsi que l'expérience de Michelson, apparaissent comme une conséquence de l'inertie de l'énergie. Le temps local de Lorentz perd sa réalité et apparaît comme une fiction mathématique: c'est un temps paramétrique. Il s'ensuit que le principe classique de la relativité n'est pas valable dans la mécanique ordinaire, et c'est la conséquence unique d'un caractère paradoxal de notre thèse. Mais puisque dans le domaine des vitesses ordinaires on peut négliger $\frac{v^2}{c^2}$, les transformations de Galilée gardent pratiquement leur validité.

Enfin il est clair que je n'ai pas de raison pour nier à l'éther son existence.

III. Les expériences d'Eötwös et l'inertie de l'énergie conduisent au postulat de la gravité de l'énergie [M. Abraham (1)], ce qui veut dire que dans un champ de gravitation (l'énergie totale de l'oscillation lumineuse étant constante) une partie de l'énergie cinétique de l'oscillation sera transformée en énergie potentielle gravifique. Quand l'énergie radiante s'éloigne du centre gravifique, l'énergie potentielle de la radiation augmente aux dépens de l'énergie cinétique, selon le principe de la conservation de l'énergie, et l'on a

$$(1) \qquad \frac{g\text{M}m}{r^2}\,dm = -\,d\text{E}.$$

En mettant $m = \frac{\text{E}}{c^2}$, l'intégration de cette équation entre les limites r_1, r_2, respectivement E_1, E_2, conduit à

$$\text{E}_2 = \text{E}_1\, e^{-\frac{g\text{M}}{c^2}\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)}.$$

En développant en série et retenant les deux premiers termes, on obtient l'expression

$$(3) \qquad \text{E}_2 = \text{E}_1\left(1+\frac{\text{U}}{c^2}\right),$$

où U est la différence de l'énergie potentielle aux distances r_1 et r_2. Appliquons à la formule (3) le théorème des quanta, $\text{E} = h\nu$, où ν est la fré-

(1) *Phys. Zeitschr.*, t. 13, 1912, p. 793.

quence. Cette formule devient

$$\nu_2 = \nu_1\left(1 + \frac{U}{c_2}\right), \tag{4}$$

d'où découle le déplacement des raies spectrales vers le rouge.

D'autre part, en combinant le théorème de la conservation de la quantité de mouvement

$$m_1 c_1 = m_2 c_2$$

avec l'expression (2), divisée par c^2, nous aurons

$$c_1 = c_2\, e^{-\frac{gM}{c^2}\left(\frac{4}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)}. \tag{5}$$

Si l'on pose $r_2 = \infty$, c_2 devient dans ce cas égale à la vitesse c de la lumière en l'absence du champ de la gravitation, et cette dernière formule devient

$$c_1 = c\, e^{-\frac{gM}{c^2 r_1}}, \tag{6}$$

dont une expression approchée est donnée par

$$c_1 = c\left(1 + \frac{U}{c^2}\right), \tag{7}$$

c'est-à-dire que la vitesse de la lumière diminue au fur et à mesure du rapprochement au centre de gravitation.

Les équations (3), (4) et (7) sont les équations de la théorie de la gravitation d'Einstein [1], obtenues avec le principe d'équivalence.

MOTEURS THERMIQUES. — *Au sujet de l'emploi des alliages légers et ultra-légers pour les pistons de moteurs à explosion.* Note de M. **de Fleury**, présentée par M. A. Mesnager.

Une Note récente de M. Dumanois [2] appelle les observations suivantes :

Ses conclusions sont basées sur l'hypothèse implicite que la chaleur traverse la paroi du fond des pistons normalement à son épaisseur. Ce mode correspond au refroidissement des parois de la chambre à explosion, mais non à celui des pistons.

En effet, il est reconnu que le refroidissement du fond de piston se

(1) *Annalen der Physik*, t. 35, 1911, p. 898.
(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1957.

fait principalement par conductibilité vers les parois en contact avec le cylindre. Comme on est maître de faire varier ces surfaces de contact, ainsi que de faire varier les sections d'écoulement, de façon rationnelle, du centre à la périphérie, ce n'est plus la conductibilité spécifique du métal qu'il faut considérer, mais la conductibilité globale résultant à la fois de la conductibilité et des sections offertes au passage de la chaleur.

Si l'on considère au centre du fond de pistons plats, par exemple, deux surfaces concentriques de diamètres d et D, on conçoit que les sections de passage au droit des périmètres p et P doivent être au moins dans le rapport des surfaces d'absorption en négligeant les écarts superficiels secondaires de température.

Chaque périmètre, étant déjà proportionnel au diamètre correspondant, il suffit, en gros, que les épaisseurs du fond le long de p et P soient elles-mêmes proportionnelles aux diamètres, pour que l'écoulement homogène soit assuré, ce qui correspond théoriquement à une forme conique creuse du fond à l'intérieur.

On voit donc qu'il suffira, à titre d'exemple de solution constructive, de diminuer l'angle au sommet du cône avec un métal plus léger et de moindre conductibilité, pour obtenir le même refroidissement du piston (car c'est le refroidissement du piston qu'il faut assurer) qu'avec un métal plus conducteur, en supposant le même pouvoir absorbant aux deux surfaces, c'est-à-dire sans même faire intervenir la valeur du pouvoir émissif ou convectif, en première approximation.

L'avantage exploitable du métal le plus léger est plus important encore, si l'on considère que le fond ne constitue qu'une fraction de la totalité de la masse des pistons.

Il est évident qu'une relation d'optimum gouverne les deux facteurs de refroidissement et de légèreté de l'organe, en fonction des régimes de carburation, de compression, de détente, et de vitesse de rotation, pour chaque moteur, et aussi en fonction des masses des autres pièces en mouvement de l'équipement mobile de l'embiellage, où il y a encore tant à gagner également par l'emploi des métaux légers. On conçoit donc que l'emploi de pistons en métaux les plus légers puisse changer totalement les limites de la condition optima.

Dans les limites actuelles exploitées des pistons minces et ultra-allégés des moteurs, le gain mécanique, procuré par l'allégement, est très inférieur à celui que l'on peut obtenir par le bon refroidissement des pistons.

En effet, le piston constitue une grande fraction de la paroi interne

de la chambre à explosion, et, qui plus est, une paroi fonctionnellement fort mal refroidie, ce qu'ont perdu de vue de nombreux constructeurs dans l'application des métaux légers aux pistons. On peut opposer, par contraste, le soin apporté par ces mêmes constructeurs, au refroidissement méticuleux de toutes les parties de la culasse; et tous les automobilistes connaissent les perturbations graves que provoque, sur le rendement et le fonctionnement d'un moteur, un échauffement, même local de la chambre, qu'il s'agisse des soupapes, d'arêtes vives de filetages, d'extrémités de fils de bougie, etc. et aussi de pistons trop minces.

Le fond des pistons bien refroidi procure les avantages suivants, qui s'additionnent tous, et qui ont leur répercussion utile indirecte sur toutes les parois de la chambre à explosion :

1° Conservation du faible pouvoir absorbant de la surface qui reste propre, au lieu de la perte de calories résultant de l'absorption accrue des surfaces mates et noircies par la décomposition des huiles à la haute température des parois des pistons minces, c'est-à-dire possibilité d'accroître la détente utilement.

2° Possibilité d'accroître la compression sans craindre les allumages prématurés, que provoquent les dépôts charbonneux à points incandescents, ces derniers étant supprimés, et conséquemment par surcroît, sécurité accrue de fonctionnement, vis-à-vis des perturbations des régimes de carburation et de graissage.

3° Moindre dilatation du fait de la moindre température de l'organe et conséquemment moindre jeu, avantage mis en évidence d'ailleurs, par la suppression du claquement à froid, et par la diminution de consommation d'huile. De fait, tous les pistons d'alpax à fonds épais sont usinés sur des cotes de pistons fonte, ce qui témoigne d'un fonctionnement à plus basse température de l'organe.

4° Accroissement de puissance, non seulement à cause du rendement, mais probablement à cause de la plus grande masse de gaz moins dilatés à l'admission, par les parois plus froides, et diminution nette des encrassements de la chambre à explosion et des encrassements de bougies.

5° Il y a lieu de remarquer que si l'on veut tirer tout le parti des avantages signalés, on sera conduit à des modifications sensibles dans la construction des moteurs, et même probablement à l'utilisation, en toute sécurité, de régimes de carburation, de compression et de détente, différents des régimes auxquels on se limite actuellement.

La plupart de ces résultats peuvent être partiellement acquis de façon tan-

gible, très constante et sans inconvénients spéciaux sur les moteurs ordinaires. Cela résulte de transformations de très nombreux moteurs vieux ou modernes, qui sont chaque jour considérablement améliorés sur ces directives, par M. Floquet que je dois associer à la mise au point expérimentale.

Cela met en évidence *les causes profondes* de la supériorité considérable des métaux les plus légers pour l'établissement des pistons. L'alpax, dont la densité est de 2,6, est en voie de détrôner rapidement les alliages au cuivre dont la densité est de 15 pour 100 supérieure, avec, en plus, en faveur de l'alpax, un coefficient de dilatation moindre. De même, le magnésium, dont la densité est de 1,8 seulement, s'imposera avec la même rigueur, à son tour, pour les moteurs encore plus poussés en régimes.

Il ne s'agit pas de pistons ultra-allégés, mais au contraire relativement *de pistons épais en métaux légers* dont le principe de conception est totalement opposé à celui des premiers.

La portée de la question dépasse, et de beaucoup, celle d'un détail constructif ou d'un progrès fonctionnel local.

Les métaux les plus légers apportent, en réalité, un véritable *changement d'échelle* dans les possibilités pratiques et constructives, ouvertes à l'application plus rigoureuse des principes thermodynamiques posés par Carnot. C'est dire que les métaux légers et ultra-légers constituent vraisemblablement la base même de progrès généraux et inespérés dans le domaine thermodynamique et mécanique.

MOTEURS THERMIQUES. — *Au sujet des moteurs d'aviation à très haute compression.* Note (¹) de M. **P. Dumanois**, présentée par M. Rateau.

Le rendement thermique théorique des moteurs à explosion dépendant uniquement du rapport de compression volumétrique, et l'augmentation de compression volumétrique se traduisant, toutes choses égales d'ailleurs, par une augmentation du couple et une diminution de la consommation par cheval-heure, il y a intérêt fondamental à augmenter autant qu'il est possible le rapport de compression volumétrique. En ce qui concerne le moteur d'aviation, l'expérience a montré qu'avec l'essence ce rapport ne pouvait guère être supérieur à 5 pour permettre le fonctionnement au sol. Au delà de cette limite il se produit des chocs et des surpressions qui compromettent la sécurité du moteur.

(¹) Séance du 16 juin 1924.

On a bien réalisé des moteurs de compression plus élevée, mais il est indispensable pour éviter les chocs et les surpressions de ne pas dépasser au sol la pression d'explosion du moteur ordinaire, ce qui entraîne une réduction de puissance par rapport à celui-ci.

Pendant très longtemps on a cru que ces phénomènes étaient dus à un auto-allumage du combustible sous l'effet de l'augmentation de température par la compression.

Les travaux de Ricardo en Angleterre, de Thomas Midgeley en Amérique et de nous-même ont montré qu'il n'en était rien et que le phénomène qui se produisait était un phénomène de combustion ondulatoire. Ces travaux ont montré également qu'il était possible d'éviter ce phénomène en incorporant à l'essence d'autres corps, dont quelques-uns suffisent même en proportion infime. C'est le cas, en particulier, du plomb tétra-éthyl, dans une proportion de l'ordre de $\frac{1}{1000}$ en volume, proposé par Thomas Midgeley et auquel nous avons été conduit également. Nous n'avions d'ailleurs pas, personnellement, envisagé, au moment de nos essais, son utilisation pratique, étant donné son prix de revient élevé.

M. Midgeley a résolu le problème par un procédé de fabrication qui permet de rendre l'essence antidétonante pour un supplément de prix de l'ordre de $0^{fr},05$ par litre. Ceci étant, on peut reculer le taux de compression volumétrique jusqu'à une valeur voisine de celle qui produirait l'auto-allumage.

Dans le cas particulier de l'essence, on peut alors envisager une compression volumétrique de 9 au lieu de 5.

Dans ces conditions, en passant de 5 à 9, la pression d'explosion est multipliée par 1,9; le rendement thermique par 1,23. Par contre, du fait de l'augmentation des pressions, le rendement mécanique sera légèrement diminué, mais on peut néanmoins compter sur une augmentation de couple d'au moins 18 pour 100.

Toutefois, l'augmentation de la pression d'explosion rend nécessaire le renforcement du moteur, pour obtenir une solidité équivalente, ce qui entraîne une augmentation de poids qu'il est possible de chiffrer.

Le poids d'un moteur comprend en effet trois catégories de pièces :

1° Celles dont le poids est indépendant de la pression d'explosion (arbre à cames, distribution, etc.);

2° Celles dont le poids varie comme la pression d'explosion (pièces travaillant à la traction, au cisaillement ou à la compression);

3° Celles qui varient comme la racine cubique de la pression (pièces supportant des moments de flexion ou de torsion).

En se référant à des moteurs existants on peut chiffrer l'augmentation de poids par 12 pour 100 environ.

Dès lors, le problème se pose de la façon suivante :

Etant donné un avion réalisant certaines performances avec un moteur usuel à compression 5, quelle serait l'amélioration de celles-ci avec le même moteur à la compression 9 ?

1° Au point de vue poids, l'augmentation serait d'environ 12 pour 100, mais en même temps il y aurait diminution d'approvisionnement d'essence.

Si nous prenons un moteur de 350 CV, pesant 370^{kg}, l'augmentation de poids, pour le moteur, sera de 45^{kg}, et la diminution de poids de combustible de 56^{kg} pour 4 heures de marche représentant, en outre, une économie de 95^{fr} au cours actuel de l'essence. La vitesse sera augmentée, sensiblement, dans le rapport des racines cubiques des puissances, soit d'environ 6 pour 100.

Mais alors le moteur se trouvera avoir au sol une puissance supérieure d'environ 18 pour 100 à celle qu'aurait donnée le moteur ordinaire, dans les mêmes conditions de fatigue mécanique.

Cette dernière puissance étant, par hypothèse, largement suffisante pour assurer le décollage, il y a intérêt à ne pas la dépasser, ce qui diminue la pression d'explosion au sol et augmente l'endurance du moteur. Ceci pourra être réalisé très simplement par une limitation, au sol, de l'ouverture du carburateur, modifiée progressivement avec l'altitude, de façon à maintenir constante, jusqu'au moment de l'ouverture en grand, la pression d'explosion réalisée au sol. Ce résultat peut être obtenu automatiquement en utilisant l'effet des variations de pression atmosphérique sur une membrane manométrique par exemple, selon des dispositifs déjà employés.

Remarquons, à ce propos, la différence essentielle avec les moteurs surcomprimés employés jusqu'à ce jour avec l'essence ordinaire. Avec ceux-ci, il est indispensable, pour éviter la détonation, de limiter au sol le remplissage de façon à ne pas dépasser une pression d'explosion de valeur supérieure à celle du moteur ordinaire ; la puissance au sol a donc une valeur d'autant plus faible que la compression est plus élevée. C'est ainsi qu'avec la compression 9 la puissance au sol, d'un moteur de 350 CV devrait être ramenée à moins de 250. Dans de telles conditions, le décollage serait moins facile qu'avec le moteur ordinaire. Il pourrait même devenir impossible.

En résumé, le remplacement sur un avion donné d'un moteur à compression 5 par le même moteur à compression 9, convenablement renforcé, permise par l'emploi d'antidétonant, aurait les conséquences suivantes :

1° Équivalence sensible au point de vue poids, pour l'ensemble moteur propulseur et approvisionnement en combustible, avec plutôt tendance au gain;

2° Augmentation d'environ 6 pour 100 sur la vitesse à l'altitude d'utilisation;

3° Possibilité de limiter la fatigue du moteur au sol tout en conservant le même excédent de puissance au sol;

4° Économie de consommation d'essence qui constituera l'avantage le plus considérable en donnant double bénéfice : celui d'une économie importante d'exploitation et celui d'une diminution des stocks nécessaires en temps de guerre.

Enfin la combinaison d'une surcompression de cette importance avec le turbo-Rateau permettrait d'atteindre des altitudes de 12000^{m}.

ASTRONOMIE. — *Sur un astrolabe à prisme à micromètre impersonnel.* Note de MM. **V. Michkovitch** et **E. Mallein**, présentée par M. H. Andoyer.

L'instrument dont on s'est servi pour faire les observations d'essai était un astrolabe à prisme, moyen modèle, de M. Jobin. En nous bornant simplement aux plus essentielles des modifications que nous y avons apportées pour réaliser l'idée d'un astrolabe à fil entraîné, elles peuvent être ainsi résumées :

1° Le réticule, composé de quatre fils formant un carré et situé dans le plan focal de l'objectif, a été remplacé par un micromètre ($45 \times 35 \times 9^{mm}$), muni d'un chariot mobile (20×20^{mm}) portant un fil d'araignée horizontal.

2° Le déplacement vertical du chariot est commandé par un moteur électrique à courant continu de 10 volts, muni des dispositifs de réglage nécessaires : inverseur, rhéostat, différentiel, d'un encombrement total très réduit.

3° L'appareil ainsi transformé comporte, en plus des réglages habituels, celui de l'horizontalité du fil entraîné, d'une importance fondamentale pour la précision des observations. Une vis calante à ressort, placée tout près de l'oculaire et permettant de faire tourner la boîte du micromètre autour de l'axe de la lunette, rend cette opération aisée et rapide.

Le procédé que nous avons employé pour réaliser l'horizontalité du fil ressemblait, par son principe, à celui des déterminations azimutales d'un

instrument méridien à l'aide d'une mire. Une vérification de ce réglage à l'aide d'une étoile aurait été, évidemment, préférable, mais non aussi exempt d'objection. Car rien ne prouve que ce réglage, fait dans un certain azimut, ne soit dérangé lorsqu'on fait tourner l'instrument.

En plus de ces modifications, un soin particulier a été apporté aux conditions de stabilité. Cela était d'autant plus nécessaire que le bain de mercure a été laissé solidaire de l'instrument. Le dispositif que nous avons appliqué, mais sur les détails duquel il nous est impossible d'insister ici, met l'appareil à l'abri de toute trépidation.

Voici maintenant quelques remarques relatives au mode d'observation avec l'appareil ainsi transformé.

L'instrument étant calé sur une étoile, on place le fil vers l'un des bords du champ. Au moment où l'une des images arrive sous le fil, on met le moteur en marche. Pendant quelques secondes (15^s-20^s), ce qui est tout à fait suffisant, on achève les réglages définitifs, consistant à amener les deux images sur la même verticale et de manière que leur coïncidence se fasse au milieu du champ; en plus, on rectifie, à l'aide du rhéostat, la vitesse de l'entraînement. Et c'est alors seulement que l'on met en action le commutateur des contacts qu'enregistre un chronographe à plumes.

L'image ainsi suivie n'est abandonnée que quelques secondes avant la coïncidence, pour refaire la même opération, avec la seconde image, en sens inverse.

En s'arrêtant deux ou trois secondes plutôt, on peut aussi, si l'on veut, donner un top à la main au moment de la coïncidence des images.

Dans le tableau ci-après on trouvera les résultats de deux soirées d'observations faites les 3 et 7 juin en vue d'une détermination de l'heure. Bien que les étoiles observées (choisies à cause de leur grandeur) ne fussent pas toutes également favorables à ce genre d'observation, les nombres du tableau permettent néanmoins de se faire une idée sur le degré de précision que l'on peut espérer atteindre avec cet instrument.

Étoiles.	Gr.	Heure.	Azimut.	C_p individ.	N.	$\Delta\tau$.	$\varepsilon(\tau)$.
			3 juin 1924.				
ψ G. Ourse.....	3,2	13h55m	287°,3	—1m23s,25	7	0s,28	±0,10
ζ Hercule......	3,0	14.18	101,5	23	7	0,33	0,12
χ G. Ourse.....	3,8	14.35	294,0	26	8	0,12	0,05
ε Hercule......	3,9	14.37	103,3	29	6	0,28	0,10
γ G. Ourse.....	2,3	14.45	305,9	30	8	0,24	0,09
δ Hercule......	3,2	15.17	119,3	—1.23,29	5	0,15	0,06
			7 juin 1924.				
α Ch. de Chasse.	2,9	15.31	274,4	—1.23,70	6	0,22	0,08
μ Hercule......	3,5	15.36	111,5	72	7	0,23	0,08
ξ Hercule......	3,8	15.42	107,7	70	6	0,16	0,06
γ Lyre.........	3,3	16.33	99,6	65	7	0,28	0,10
ρ Bouvier......	3,8	16.46	255,9	71	7	0,20	0,07
δ Cygne........	3,0	14.53	72,6	68	8	0,19	0,07
λ Bouvier......	4,3	17. 5	290,4	69	8	0,12	0,05
γ Bouvier......	3,0	17. 8	274,1	—1.23,66	8	0,24	0,09

N, $\Delta\tau$ et $\varepsilon(\tau)$ signifient respectivement le nombre de contacts adopté, l'écart maximum entre les contacts et l'erreur moyenne d'une observation (d'un contact).

PHYSIQUE. — *Sur l'application à la thermodynamique de la représentation de Fresnel.* Note de M. **Alfred Lartigue**, présentée par M. Daniel Berthelot.

On sait que les deux vecteurs fondamentaux de Fresnel (déplacement rectiligne d'un point — axe de rotation d'un élément de volume) se retrouvent dans toutes les théories de propagation des ondes; ces deux vecteurs varient périodiquement, l'un étant maximum quand l'autre est nul, suivant une relation qu'on rencontre entre l'énergie cinétique et l'énergie potentielle dans les théories du pendule, des tuyaux sonores, etc.

A maintes reprises, d'importantes considérations générales ont été développées sur ce sujet ([1]).

([1]) Cf. notamment : H. Poincaré, *Sur l'expérience de M. Wiener* (*Comptes rendus*, t. 112, 1891, p. 325-329); A. Cornu, même sujet (*Comptes rendus*, t. 112, 1891, p. 365-370); D. Berthelot, *La réciprocité des phénomènes électriques et ma-*

Rappelons brièvement que toute grandeur périodique sinusoïdale peut être représentée géométriquement par un vecteur imaginaire égal à sa valeur efficace, et ayant pour expression complexe

$$[q] = q(\cos\varphi \pm j \sin\varphi),$$

en désignant par j le symbole des imaginaires $\sqrt{-1}$, signifiant une rotation d'un angle droit autour d'un axe. Autrement dit, toute quantité complexe $A = a \pm bj$ peut être représentée géométriquement par un vecteur OM ayant a pour projection sur un certain axe réel OX, et $\pm b$ pour projection sur un certain axe imaginaire OY, perpendiculaire à OX.

C'est la méthode suivant laquelle on décompose, en électrotechnique, la puissance totale d'un courant alternatif en puissance *active* et en puissance *réactive*. M. Boucherot a démontré que dans un système donné l'une et l'autre se conservent.

Grâce à une semblable décomposition, M. A. Blondel a récemment soumis au calcul, et discuté dans leurs détails, les couples d'amortissement des alternateurs, les oscillations forcées des groupes électrogènes, les vibrations de leurs volants, celles des arbres des moteurs à explosion et celles des arbres porte-hélice (1).

L'objet de la présente Note est de signaler l'intérêt que semble offrir l'utilisation, dans les calculs thermodynamiques, du précieux instrument d'investigation qu'est la représentation de Fresnel.

Déjà, la théorie cinétique des gaz admet que l'énergie cinétique moyenne du mouvement de translation des molécules est proportionnelle à la température absolue θ. Ce mouvement de translation est, il est vrai, hypothétiquement assimilé à celui d'un projectile; mais on a incontestablement le droit de l'envisager tout aussi bien comme une vibration périodique radiale, hypothèse qui permet de porter sur l'axe réel OX l'énergie cinétique moyenne mise en jeu dans le mouvement vibratoire. Exprimée en calories, cette énergie active correspondra à la chaleur massique sensible, $\varkappa\theta$; on conçoit fort bien qu'une telle sorte d'agitation thermique doive se propager plus ou moins rapidement, par voie d'ébranlement vibratoire *impulsif*,

---

gnétiques (*Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, 3e série, t. 6, 1916, p. 379 et suiv.); P. Janet, *Analogies mécaniques, acoustiques et optiques, en Électricité et en Électrotechnique* (*La Technique moderne*, t. 15, 1923, p. 730 et précéd.).

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 177 et 178, 1923-1924, *passim*.

jusqu'à équilibre entre les actions réciproques de toutes les molécules en présence.

Il est également admis que les molécules possèdent une énergie cinétique de rotation et une énergie potentielle de déformation élastique, dont l'ensemble correspond à la chaleur massique interne. Celle-ci, dont le rôle thermochimique est de tout premier ordre, ne peut se propager que sous forme d'un certain entraînement *inductif* dont les phénomènes de cristallisation, de modification allotropique, d'action catalytique et d'affinité chimique offrent des manifestations remarquables. Nous considérerons cette chaleur massique interne comme une énergie réactive; nous porterons donc sa valeur χ, évaluée en calories, sur l'axe imaginaire OY.

La chaleur massique totale, q aura pour expression $q = \sqrt{(\varkappa\theta^2) + \chi^2}$; elle sera représentée par l'hypoténuse XY. Si l'on désigne par φ l'angle OXY, on a $\varkappa\theta = q\cos\varphi$ et $\chi = q\sin\varphi$. Et la chaleur spécifique, n'étant autre chose que la dérivée q' de la chaleur totale q, prise par rapport à la température absolue θ, aura pour expression :

$$q' = \frac{\varkappa^2\theta}{q} = \varkappa\cos\varphi,$$

avec $\varkappa$ théoriquement constant (sauf correction dans les cas où le travai extérieur supplémentaire de dilatation ne serait pas négligeable).

Lorsque q' croît en même temps que θ, ce qui a presque toujours lieu, l'angle φ va en décroissant. Le contraire doit se produire dans la phase liquide du mercure, où q' décroît à mesure que θ s'élève.

Dans le cas particulièrement important de l'eau liquide, q' reste sensil blement constant; on doit donc avoir, à peu de chose près, φ constant, et $q = c\theta$. Or c a été choisi comme unité de quantité de chaleur; l'eau liquide contiendrait donc un nombre total de calories pratiquement égal au nombre de degrés centésimaux qui mesure sa température absolue.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'emploi des lampes à plusieurs électrodes en électrométrie* Note de M. **P. Lejay**, présentée par M. G. Ferrié.

J'ai décrit dans une Note précédente (1) un appareil de mesure et d'enregistrement discontinu du gradient électrique de l'atmosphère, basé sur l'emploi des lampes triodes. En vue de le simplifier j'ai cherché s'il ne serait pas possible de faire agir directement sur les électrodes de la lampe les

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1480.

capsules de radium prises ordinairement comme collecteurs, sans que le potentiel de ceux-ci en soit modifié. J'ai fait dans ce but trois séries de recherches :

1° En employant des lampes soigneusement vidées et en abaissant la tension de plaque, on constate que les courants de grille (pour des potentiels négatifs de celle-ci) vont en diminuant. Les courants des petites lampes d'émission des Établissements G. M. R., par exemple, ne dépassent pas 3.10^{-10} ampère, pour des potentiels de plaque de 4 volts.

Mais le courant de plaque, faible d'ailleurs, s'établit brusquement pour une valeur de potentiel de grille comprise entre — 2 et — 3 volts, phénomène qui peut avoir des applications, mais qui rend le procédé impropre à des mesures continues.

2° L'examen des caractéristiques d'une lampe à deux grilles, dont la plaque et la grille intérieure sont à des potentiels positifs de quelques volts, montre que lorsqu'on abaisse le potentiel de la grille extérieure au-dessous du potentiel du filament, le courant de grille intérieure augmente d'abord; il reste constant dans un certain intervalle, enfin il diminue et s'annule. Ces phénomènes s'expliquent facilement : les électrons, qui pour des valeurs positives du potentiel de grille extérieure se dirigeaient vers la plaque, sont d'abord repoussés en plus grand nombre vers la grille intérieure; puis, pour des valeurs fortement négatives du potentiel de grille extérieure, ils sont repoussés vers le filament. A ce moment il ne passe plus d'électrons négatifs dans l'intervalle grille intérieure-plaque. On pouvait alors espérer qu'il ne s'y trouverait plus d'ions positifs et que le courant de grille extérieure serait nul. (Cependant les variations de potentiel de celle-ci entraînent encore des variations du courant de grille intérieure atteignant facilement 1 milliampère.)

J'ai vérifié ce fait par des mesures électrostatiques. Le courant de grille extérieure déchargeait un condensateur de capacité 6.10^{-10} farad dont les courants de fuite, déterminés à chaque mesure, étaient très faibles (de l'ordre de 10^{-13} ampère). L'expérience a montré que le courant de grille restait de l'ordre de 10^{-13} ampère pendant plusieurs minutes après l'allumage de la lampe. Il augmentait ensuite jusqu'à 3.10^{-12} ampère. J'ai vérifié, sur un électromètre sensible au dixième de volt, qu'il ne modifiait en rien le potentiel des collecteurs d'électricité atmosphérique.

3° Il semblerait que dans les expériences précédentes, la plaque de la lampe à deux grilles soit inutile et qu'un montage approprié pourrait faire donner aux triodes des résultats semblables.

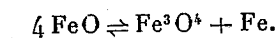
De fait en maintenant la grille à un potentiel positif de quelques volts, on

constate que la baisse du potentiel de plaque provoque d'abord une légère augmentation du courant de grille (qui peut atteindre 1 milliampère), puis une diminution lente. Celle-ci peut s'étendre sur plusieurs centaines de volts de la tension plaque, pour des valeurs élevées du potentiel de grille (12 volts). Dans cette région peu d'électrons doivent sortir de l'espace filament-grille et les ions positifs qui y sont formés retournent au filament. Quelques-uns pourtant atteignent la plaque donnant naissance à des courants qui, mesurés par la méthode décrite ci-dessus, atteignent rapidement après l'allumage de la lampe, de 1 à 5.10^{-11} ampère.

Ce montage, comme le précédent, permet pourtant de faire des mesures électrométriques dans un grand nombre d'applications, où des courants aussi faibles n'entraînent aucune perturbation du potentiel.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de la décomposition du protoxyde de fer. Anomalies de dilatation corrélatives de son instabilité.* Note de MM. **Georges Chaudron** et **Hubert Forestier**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'un de nous a déjà montré (¹) que le protoxyde de fer est instable au-dessous de 570° et qu'il se décompose suivant la réaction



$$4\,FeO \rightleftharpoons Fe^3O^4 + Fe.$$

Ces trois phases solides coexistent en équilibre à 570°. L'étude de la vitesse des deux réactions inverses fait l'objet de la présente Note.

Marche des expériences. — Le protoxyde de fer est préparé entre 800° et 900° et refroidi rapidement pour éviter toute décomposition. Il est placé dans des ampoules en verre pyrex que l'on vide d'air jusqu'au $\frac{1}{20}$ de millimètre. Elles sont scellées et chauffées dans un four électrique pendant 24 heures à température constante, réglée à 5° près au moyen de lampes à filament de fer, puis refroidies rapidement. La soudure chaude d'un couple thermo-électrique est placée au contact de l'ampoule. C'est du réglage plus ou moins parfait de la température que dépend la principale cause d'erreur de ces expériences.

Le dosage du fer libre en présence d'oxyde de fer se fait en traitant une quantité pesée du protoxyde transformé par une solution étendue de sulfate de cuivre dans un flacon jaugé et fermé à l'émeri; après 12 heures de

(¹) Georges Chaudron, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 152.

contact, on fait un prélèvement sur le liquide clair et l'on dose le sulfate ferreux par le permanganate. Au virage, la liqueur bleu vert très clair passe au bleu violet; ce virage a lieu pour $0^{cm^3},1$ d'une solution de permanganate correspondant à 1^{mg} de fer par centimètre cube, ce qui donne une précision suffisante quand on part de 1^{g} de produit transformé à 10 pour 100 par exemple, contenant donc $19^{mg},2$ de fer libre.

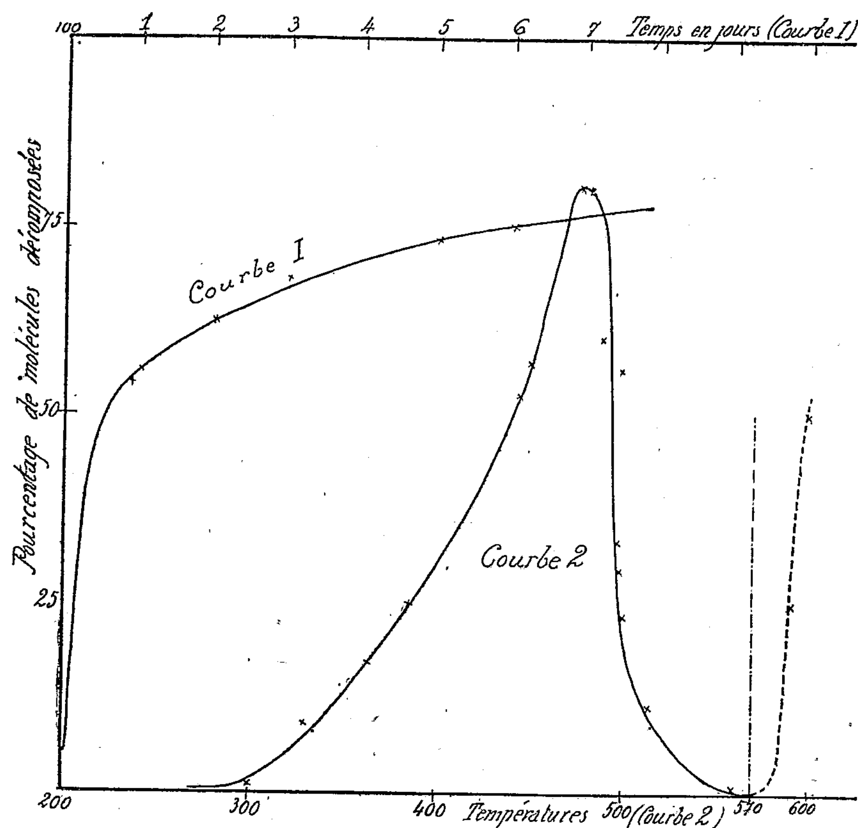


Fig. 1.

Influence de la température sur la vitesse de transformation. — La courbe II (*fig.* 1) indique le pourcentage de protoxyde transformé après 24 heures, à différentes températures. On trouve une quantité de fer libre dosable à partir de 300°; la courbe passe par un maximum à 480° (en 24 heures on observe 80 pour 100 de produit décomposé); ensuite la vitesse décroît pour s'annuler à 570°; nous avons indiqué sur le diagramme les pourcentages de FeO reformé, au-dessus de cette température, en partant d'un échantillon contenant 20 pour 100 de FeO. La réaction est très rapide : nous avons

observé en 24 heures la formation de 24 pour 100 de FeO à 592° et de 51 pour 100 à 600°.

Transformation à température constante. — Nous avons fait une série d'expériences à 445°, avec des temps variables de chauffage. Les résultats sont résumés par la courbe I (*fig.* 1). La vitesse de réaction peut être représentée par l'expression

$$\frac{dx}{dt} = k(100 - x)^n.$$

En prenant l'exposant $n = 4$ on obtient une valeur de k constante à moins de 10 pour 100.

Courbes dilatométriques du protoxyde de fer. — Nous avons employé le

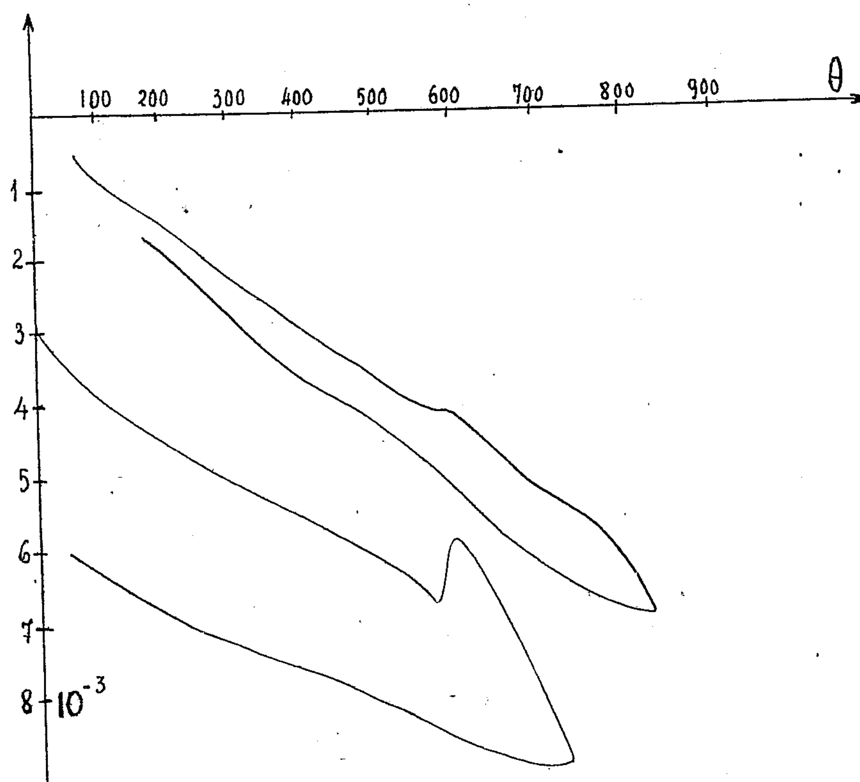


Fig. 2.

dilatomètre différentiel enregistreur de M. Chevenard. Le protoxyde humide était aggloméré à la presse et les bâtonnets ainsi formés étaient séchés à 100°. Les courbes obtenues sont sensiblement réversibles avec un

échantillon recuit vers 900° pendant 24 heures et en opérant au-dessous de la température de recuit.

La réaction de décomposition, relativement lente, se manifeste sur les courbes par une anomalie négative qui s'étale de 400° à 500°, si les vitesses d'échauffement ou de refroidissement sont suffisamment petites. Sur la courbe I (*fig.* 2), l'échauffement se faisant en une demi-heure, on observe seulement l'anomalie au retour qui s'effectue en deux heures.

La réaction inverse, qui est rapide, est indiquée par une anomalie positive très nette à 570° [courbe I (*fig.* 2)] correspondant à la recombinaison de la petite quantité de fer et d'oxyde magnétique mis en liberté pendant l'échauffement jusqu'à cette température.

La courbe II (*fig.* 2) est obtenue avec un bâtonnet recuit 24 heures à 440°, donc transformé dans la proportion de 50 pour 100. Sur des courbes analogues, on a pu constater que l'amplitude de l'anomalie à 570° est sensiblement proportionnelle à la quantité transformée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la spectroscopie des explosions.* Note de M. **P. Laffitte**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Au cours de recherches sur l'onde explosive nous avons été conduits à photographier le spectre lumineux de la détonation d'explosifs gazeux et solides.

Étant donnée la nature des expériences on ne peut songer à utiliser des appareils délicats. Le dispositif employé consiste uniquement en : 1° un prisme de flint; 2° un appareil photographique muni d'un objectif de 33^{cm} de distance focale. L'expérience a lieu dans l'obscurité et l'explosif est mis dans un tube de verre vertical de 15^{mm} de diamètre et situé à 5^{m} environ de l'appareil photographique, une feuille de papier noir collée sur le tube laisse une fente de 4^{mm} de largeur environ parallèle aux génératrices du tube. Dans ces conditions l'image de cette fente, lorsque le tube de verre est illuminé par l'explosion, est une ligne suffisamment fine pour la précision des mesures que comportent de telles expériences.

Le prisme est étalonné en longueur d'onde à l'aide d'une lampe à vapeur de mercure dont la lumière est réfléchie par un tube de verre de 4^{mm} de diamètre, rempli de mercure et placé à l'endroit qu'occupera ensuite le tube dans lequel a lieu l'explosion. On peut aussi avoir de cette manière le spectre du mercure sur la plaque même où l'on enregistre ensuite le spectre de l'explosion.

Le mélange gazeux employé est celui du sulfure de carbone et d'oxygène, dans la proportion $CS^2 + 3O^2$. On a photographié d'abord le spectre de la

période de combustion, puis celui de l'onde explosive qui la suit. Le spectre de la *période de combustion* est un spectre continu dans lequel on peut voir un certain nombre de raies qui ont été identifiées avec les raies suivantes :

Longueurs d'onde en unités angströms.	Éléments correspondants.
5890 à 5896	Na
5580 à 5600	Ca
(4425 à 4455)	Ca
(4280 à 4320)	Ca
4227	Ca

Les deux premières et la dernière de ces raies sont les plus intenses; les raies 5580-5600 et 4227 se retrouvent sur toutes les photographies; les deux raies entre parenthèses ont une très faible intensité et ne se retrouvent pas toujours. En déposant un peu de chlorure de strontium sur les parois intérieures du tube dans lequel on fait l'explosion, on obtient d'une manière très nette la raie 4607 correspondant au strontium; donc les raies obtenues dans les expériences précédentes proviennent des éléments contenus dans le verre, au contact duquel a lieu la combustion. D'ailleurs, si l'on enduit de collodion les parois de ce tube, on obtient un spectre continu sans aucune raie. Le phénomène est le même pour le spectre de l'onde explosive, mais dans ce cas, seules les raies 5580-5600 et 4227 du calcium et la raie 5890 du sodium sont visibles quoique bien moins intenses. D'ailleurs, lorsqu'on se rapproche de l'onde explosive, c'est-à-dire lorsque la durée de la combustion diminue et que sa vitesse augmente, les raies sont de moins en moins visibles et avec un explosif solide, la dynamite, le spectre de la région correspondant à l'*onde explosive* est un spectre continu sans aucune raie.

Si l'on photographie le spectre de la région correspondant à l'*onde de choc* (¹), c'est-à-dire dans l'air, on y observe les raies des éléments contenus dans les parois du tube. Une expérience faite dans ces conditions a permis d'identifier les raies avec celles dont les longueurs d'onde sont les suivantes :

5580 à 5600
4425 à 4455
4280 à 4320
4227
3969
3934

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1277.

Toutes ces raies correspondent au calcium. Si l'on met dans le tube un fil de cuivre, on observe — toujours dans la région correspondante à l'onde de choc — la raie 4651 de cet élément. Avec un fil de magnésium, on observe les raies 4480 et 4352 qui correspondent au magnésium.

De ces expériences on peut conclure que dans le cas d'un explosif gazeux le spectre de l'onde explosive est — comme le spectre de la période de combustion — un spectre continu et que les raies qu'on observe proviennent des éléments contenus dans les parois du tube dans lequel a lieu la détonation; ces raies sont cependant moins nombreuses et plus faibles pour l'onde explosive que pour la période de combustion. Pour un explosif solide le spectre est un spectre continu sans aucune raie; mais des raies correspondant aux éléments des parois sont très visibles dans le spectre de l'onde de choc. Quelques-unes de ces raies n'avaient été obtenues que dans des spectres d'arc ou d'étincelle.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la fixation de l'oxyde de carbone par le sulfate cuivreux en présence de l'acide sulfurique. Application à la production d'hydrogène à partir du gaz à l'eau.* Note de M. **A. Damiens**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons montré dans une Note antérieure [1] que l'oxyde de carbone est absorbé par le sulfate cuivreux en présence d'acide sulfurique concentré. Nous avons poursuivi cette étude en déterminant l'influence des divers facteurs de l'expérience sur l'allure de la réaction.

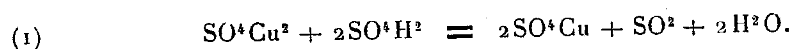
Nous avons tout d'abord mesuré les tensions du réactif ayant absorbé des proportions variables de gaz, de façon à connaître jusqu'à quelle limite la fixation peut être réalisée, et à déterminer les conditions les plus favorables à la régénération.

Tensions de dissociation. — Le réactif, de composition connue, et ayant absorbé une proportion mesurée d'oxyde de carbone, a été disposé dans un tube à robinet de forme appropriée, relié à un manomètre et à une trompe à mercure. L'appareil était soigneusement séché et le vide était fait préalablement. Le manomètre permettait d'observer la tension aux différentes températures. Le tube était chauffé extérieurement à l'aide d'un bain de glycérine.

---

[1] A. Damiens, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 849.

Avec l'acide concentré et même relativement dilué, — nos mesures ont été jusqu'à 16 pour 100 d'eau —, le réactif (de 5 à 15 pour 100 Cu^2O) ayant absorbé une proportion d'oxyde de carbone ne dépassant pas 1^{mol} pour 1^{mol} de sulfate cuivreux en jeu, n'a pas de tension mesurable par les moyens que nous avons employés jusqu'ici. Le manomètre reste invariable, et la trompe à mercure n'extrait aucun gaz, même après plusieurs jours à la température ordinaire [1]. Par échauffement, un dégagement ne se manifeste que vers 80°, et, dans ces conditions, l'oxyde de carbone extrait est accompagné de gaz sulfureux provenant d'une réaction secondaire :

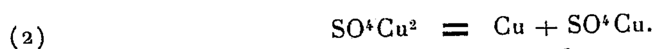


$$(1) \qquad SO^4Cu^2 + 2SO^4H^2 = 2SO^4Cu + SO^2 + 2H^2O.$$

Lorsque le réactif est utilisé dans l'analyse des gaz, on n'a donc pas de tension si l'on reste dans les limites ci-dessus, et un seul traitement par le réactif est suffisant.

Si la proportion d'oxyde de carbone fixé atteint 2^{mol} pour 1^{mol} de SO^4Cu^2, ce qui correspond à la limite d'absorption, le réactif présente une tension notable, voisine de 270^{mm}. Celle-ci s'abaisse avec la teneur en oxyde de carbone, et elle n'est plus que d'environ 30^{mm} pour $1^{mol},75$ d'oxyde de carbone.

Dans les acides plus dilués que ceux dont il vient d'être question, une tension de dissociation apparaît; par exemple, le réactif à 15 pour 100 Cu^2O et à 36 pour 100 d'eau, ayant fixé $0^{mol},33$ d'oxyde de carbone, possède déjà une tension d'environ 70^{mm}. Celle-ci croît avec la température, il ne se dégage pas dans ces conditions de gaz sulfureux, même au-dessus de 100°. Par contre, le chauffage prolongé d'un tel réactif provoque la décomposition partielle du sulfate cuivreux :



$$(2) \qquad SO^4Cu^2 = Cu + SO^4Cu.$$

A température constante, les tensions sont d'autant plus élevées que le réactif est plus dilué, et la réaction (2) est plus accentuée.

Vitesses d'absorption. — Étant donné l'absence pratique de tension dans la première phase de l'absorption, on peut accroître la vitesse de fixation par un échauffement modéré. Une différence de 50° permet de quintupler environ cette vitesse. D'autre part, l'agitation du réactif

---

(1) Nous nous proposons de pousser plus loin la sensibilité de nos mesures, supérieure au dixième de millimètre, donc déjà très grande.

pendant l'absorption est un facteur très favorable, ainsi que la pression du gaz oxyde de carbone.

La dilution du réactif n'a qu'une influence relativement faible. Pour un acide à 80 pour 100 d'eau au lieu de 90 pour 100, la vitesse moyenne n'est abaissée que de 40 pour 100. La proportion de sulfate cuivreux n'a qu'un effet peu sensible, entre de larges limites (3 à 30 pour 100).

Dans l'oxyde de carbone pur, et à température constante (20°), la vitesse croît jusqu'à la fixation d'environ $1^{mol},6$ de CO pour 1^{mol} de SO^4Cu^2, et décroît ensuite lentement. Ce maximum de la courbe de vitesse varie d'ailleurs avec la température de l'expérience.

Ces différentes observations nous ont conduit à penser que le réactif proposé pourrait être utilisé pour éliminer l'oxyde de carbone des gaz industriels qui le renferment, particulièrement pour la préparation de l'hydrogène à partir du gaz à l'eau, et aussi pour celle de l'oxyde de carbone à partir du même gaz à l'eau, par suite des possibilités de régénération. Nous avons fait sur ce sujet quelques essais, dont nous exposerons le suivant qui paraît démonstratif :

Nous avons disposé une série de trois tubes de Mohr à quatre barbotages, entre lesquels se trouvaient de petites ampoules à robinet. Nous envoyions un mélange d'hydrogène et d'oxyde de carbone secs, à une vitesse connue, les tubes étaient pesés et les gaz analysés aux différentes phases de l'expérience. Le réactif était préparé avec 15 pour 100 d'oxyde cuivreux dans l'acide sulfurique à 96 pour 100 de SO^4H^2, et les appareils en renfermaient respectivement $35^g,6$, $34^g,5$ et $38^g,5$. Les deux premiers laveurs étaient portés à la température de 60°, le troisième était à la température ordinaire. Le gaz employé renfermait 27 pour 100 de CO, 73 pour 100 de H. La vitesse moyenne de passage était de 2200^{cm^3} à l'heure environ.

Le gaz sortant ne renfermait plus d'oxyde de carbone décelable à la baryte après combustion (essais sur $3^{cm^3},3$; $3^{cm^3},67$; $3^{cm^3},02$), jusqu'à ce que le premier laveur ait fixé 1^{mol} de CO pour 1^{mol} de SO^4Cu^2 contenu. La purification est donc très poussée et relativement facile, en raison de la vitesse de réaction élevée.

L'oxyde de carbone est régénéré en diluant le réactif et le chauffant dans le vide. Le sulfate cuivreux peut rentrer en jeu, même s'il est décomposé partiellement en $SO^4Cu + Cu$; ce mélange dans l'acide sulfurique concentré absorbe également l'oxyde de carbone.

Il semble donc que cette méthode pourrait être envisagée pour la préparation d'hydrogène et d'oxyde de carbone à partir de gaz tels que le gaz à l'eau. On soumettrait ceux-ci à l'action de réactifs dilués, de plus en plus concentrés, qui abaisseraient progressivement la tension de l'oxyde de carbone dans le gaz, les derniers centièmes étant enlevés en présence d'acide concentré. Tous les réactifs dilués chauffés dans vide seraient régénérés et pourraient rentrer en jeu.

Ce procédé paraît en outre applicable à l'extraction de l'azote des fumées, en permettant d'en séparer l'oxyde de carbone, après élimination s'il y a lieu, et par les moyens connus, de l'oxygène (par passage sur une colonne de charbon chauffé), du gaz carbonique et de la vapeur d'eau. Il pourrait ainsi contribuer à la fois à la production d'hydrogène et à celle d'azote, matières premières de la synthèse de l'ammoniac.

Ces recherches sont poursuivies.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de la fluorescence des alcaloïdes du groupe de l'isoquinoléine et de la tétrahydroisoquinoléine : papavérine, narcotine, hydrastine et leurs produits de dédoublement.* Note [1] de MM. **Edmond Bayle** et **René Fabre**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait que la papavérine, alcaloïde retiré de l'opium, se dédouble par oxydation ménagée en acide vératrique et diméthoxyisoquinoléine.

On rencontre dans la même drogue un alcaloïde dérivant de la tétrahydroisoquinoléine, la narcotine, très voisin d'un autre alcaloïde, l'hydrastine, retiré de l'*Hydrastis Canadensis*.

Ces deux composés ne diffèrent que par la présence d'un groupe $(-O-CH^3)$ dans le noyau isoquinoléine hydrogéné de la narcotine. Par oxydation ménagée, ils donnent, d'une part, un même acide aldéhyde, l'acide opianique, et, d'autre part, deux produits de constitution chimique bien connue qui sont respectivement la cotarnine et l'hydrastinine.

Enfin, à côté de la narcotine et de la papavérine, il existe, dans l'opium, un alcaloïde de constitution chimique très voisine, la narcéine, qui possède sa fonction azotée en chaîne latérale.

La constitution chimique de ces alcaloïdes étant bien déterminée, il nous a paru intéressant d'étudier leur fluorescence sous l'action des radiations ultraviolettes dans les conditions précédemment décrites [2].

---

(1) Séance du 16 juin 1924.
(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 632.

Nous avons ainsi constaté que ces corps se comportaient de façon fort différente.

Alors que l'hydrastine présente une fluorescence très intense d'un vert très clair, la narcotine demeure presque obscure et prend à peine une teinte violacée. La papavérine est légèrement fluorescente en bleu très lavé, cependant que la narcéine prend un éclat bleu violacé.

La cotarnine et l'hydrastinine sont très peu fluorescentes, tandis que l'acide opianique l'est notablement en bleu; son sel de potassium l'est beaucoup moins que lui.

L'acide vératrique est beaucoup moins fluorescent que l'acide opianique, et nous notons en passant que le vératrol, irradié dans un tube de quartz, est également fluorescent en bleu.

Si l'on examine les sels, on constate que le chlorhydrate de cotarnine est très fluorescent (jaune), alors que la cotarnine ne l'est pas du tout; le chlorhydrate d'hydrastinine, également fluorescent (bleu), l'est, contrairement au précédent, moins que sa base.

Enfin, le chlorhydrate d'hydrastinine est, à ce point de vue, analogue à l'alcaloïde.

Les sulfates en solution aqueuse se distinguent nettement les uns des autres : la solution de sulfate de cotarnine est obscure. Au contraire, la solution de sulfate d'hydrastinine présente une fluorescence bleu verdâtre intense. Dans les conditions de nos expériences, le maximum d'intensité correspond à une dilution de $1:10^4$, la limite extrême de perceptibilité étant de l'ordre de $1:10^{11}$.

Le sulfate d'hydrastine s'hydrolyse lentement en solution. Au bout d'une heure à froid, immédiatement à l'ébullition ou sous l'action de H^2O^2. une telle solution, tout d'abord obscure, atteint la fluorescence du sulfate d'hydrastinine.

	Fluorescence excitée par la raie 3650 du mercure.	
	Couleur apparente.	Intensité [1].
Papavérine	bleu lavé de blanc	6
Hydrastine	blanc légèrement verdâtre	55
Narcotine	violet très obscur	non mesurable
Narcéine	bleu violacé	7
Acide vératrique	bleu lavé	5
Acide opianique	bleu lavé	10
Opianate de potasse	bleuâtre	5
Hydrastinine	sensiblement nulle	non mesurable
Cotarnine	sensiblement nulle	non mesurable
Chlorhydrate d'hydrastine	bleu	36
» d'hydrastinine	sensiblement nulle	4
» de cotarnine	jaune	35

(1) Ces déterminations ont été effectuées par comparaison avec le salicylate de soude dont l'intensité est représentée par 20.

Nous avons appliqué à l'étude de ces diverses fluorescences la méthode récemment proposée par l'un de nous ([1]). Nous donnons ci-contre les résultats des mesures effectuées sur les corps dont le spectre était assez intense pour être étudié. Les courbes obtenues seront publiées dans un autre recueil, mais nous indiquons déjà qu'à l'aide de ces courbes, il nous a été possible de suivre la purification des corps et de distinguer entre cinq cristallisations successives dont les premières donnaient déjà le point de fusion du corps pur.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude électrométrique de l'acidité des mélanges d'acide malique et d'acide molybdique.* Note ([2]) de MM. **E. Darmois** et **A. Honnelaitre**, présentée par M. A. Cotton.

Dans des publications antérieures ([3]), l'un de nous a indiqué les résultats fournis par l'étude polarimétrique de la neutralisation des mélanges $(MoO^3)^n$, $C^4H^6O^5$ et montré qu'on pouvait ainsi prévoir deux séries de composés correspondant à $n = 2$ et $n = 0,5$. Il nous a paru intéressant d'essayer de retrouver ces résultats par une autre méthode. Nous avons étudié la neutralisation des mêmes mélanges en mesurant électrométriquement la concentration des solutions en ions H.

Il nous a été impossible de nous servir de l'électrode à hydrogène avec des solutions contenant de l'acide molybdique; une réduction rapide se produit, mise en évidence par la coloration bleue intense de la solution, et l'on ne peut arriver à une valeur constante du potentiel. Par contre, l'électrode à quinhydrone nous a donné des valeurs reproductibles et constantes, du moins tant qu'on n'est pas trop près de la neutralité. Les mesures sont faites par la méthode aujourd'hui classique (électrode au calomel 3,5 *n*; pile Weston); la température était 18°; nous n'avons pas fait la correction de Bjerrum. Les valeurs de P_H données plus loin sont calculées, à partir de la force électromotrice de l'association calomel-solution, par la formule de Biilmann

$$P_H = \frac{0,451 - V}{0,0577}.$$

Dans un travail récent, Rimbach et Ley ont mesuré les P_H de quelques mélanges des deux acides ([4]). Nous avons d'abord déterminé la variation

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1895.

([2]) Séance du 16 juin 1924.

([3]) Voir, par exemple, *Journ. de Phys.*, t. 4, 1923, p. 49.

([4]) *Zeits. f. Phys. Chem.*, t. 100, 1922, p. 393. Les quelques nombres de ces auteurs ne peuvent servir; ils sont tombés sur la difficulté due à la réduction de MoO^3 et n'en ont pas tenu compte.

de P_H dans des mélanges contenant, dans 10^{cm^3}, x^{cm^3} d'une solution de MoO^4H^2 et $IO - x^{cm^3}$ d'une solution de $C^4H^6O^5$, les deux solutions étant $0^{mol},2$. Nous donnons ci-dessous les valeurs de P_H en fonction de x.

x....	0.0.	0,5.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	6,5.	7.	8.	9.	10.
P_H....	2,05	1,66	1,46	1,28	1,22	1,20	1,18	1,175	1,18	1,205	1,27	1.36	1,48

On voit que la courbe des P_H présente un minimum très aplati pour x compris entre 5 et 7, on retrouve ainsi l'acidité maxima de la combinaison $n = 2 (x = 6,66)$.

Nous avons étudié ensuite la neutralisation des deux acides, puis de divers mélanges, par la soude et l'ammoniaque. Les résultats obtenus avec ces deux bases sont très voisins; nous donnerons seulement ici quelques-uns des nombres obtenus.

MoO^4H^2. — Solution 0,195 n. ($0^{mol},0975$ au litre). Les valeurs de P_H sont exprimées en fonction de la fraction f de l'acidité totale neutralisée par NH^3 :

f.....	0,0	0,052.	0,107.	0,214.	0,267.	0,321.	0,428.	0,535.	0,695.	0,855.	0,962.	1,01.
P_H.....	1,71	1,83	2,03	2,52	3,56	4,30	5,10	5,46	5,75	6,01	6,162	7,30

La variation de P_H est d'abord lente jusqu'à $f = 0,225$ (sensiblement un quart). A partir de ce point, la variation est très rapide; vers $f = 0,50$, on aborde une sorte de palier peu incliné au bout duquel on retrouve la variation rapide de P_H qui accompagne la neutralisation. Le molybdate neutre est donc le seul sel nettement indiqué; toutefois la montée très brusque de la courbe vers $f = 0,25$ semble correspondre à un sel de formule $(MoO^4)^2H^3Am$. Ce résultat est à rapprocher de ceux déjà signalés ailleurs [1], qui montrent que l'acide molybdique se comporte dans plusieurs cas comme possédant une acidité forte neutralisable au quart de l'acidité totale.

$C^4H^6O^5$. — Solution 0,289 n. (NH^3) :

f..............	0,0.	0,057.	0,181.	0,361.	0,541.	0,722.	0,812.	0,902.	0,992.
P_H...........	1,95	2,54	3,01	3,50	4,00	4,52	4,78	5,20	7,15

Nous avons contrôlé ici les mesures avec l'électrode à hydrogène. La neutralisation ressemble à celle d'un acide faible; le sel acide n'est pas indiqué. Les valeurs ci-dessus concordent assez bien avec celles obtenues

(1) *Loc. cit.*, p. 65, et *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1140.

par Larsson, qui a tracé très soigneusement la courbe de neutralisation à partir de $f = 0,5$ [1].

Mélanges. — Nous avons étudié les mélanges $n = 0,4$; $0,5$; $1,0$; $2,0$ et $3,0$. Pour obtenir des résultats qu'on puisse porter sur un même diagramme, nous avons maintenu constante, pour tous ces mélanges, la concentration totale en H acides; les solutions étaient ainsi 0,195 n. par rapport à l'ensemble des deux acides. Nous donnons seulement ci-dessous les valeurs pour $n = 2$ et $n = 0,5$. f est, comme plus haut, la fraction de l'acidité totale neutralisée (NH^3).

$n = 0,5$.

f..	0,0.	0,063.	0,127.	0,190.	0,253.	0,317.	0,380.	0,443.	0,507.	0,633.	0,760.	0,887.
P_H..	1,44	1,56	1,69	1,90	2,24	2,93	3,70	4,15	4,42	5,25	6,11	6,74

$n = 2$.

f.........	0.	0,106.	0,214.	0,264.	0,317.	0,370.	0,423.	0,528.	0,687.	0,845.	0,967.
P_H.......	1,32	1,51	1,79	2,06	2,89	4,74	5,29	5,50	5,81	6,39	7,24

Si l'on porte sur le même graphique les courbes pour toutes les valeurs de n en y comprenant $n = 0$ (acide malique) et $n = \infty$ (acide molybdique), on voit que toutes ces courbes se déforment quand on passe d'un acide à l'autre. Dans la région correspondant à $f < \frac{1}{3}$, les courbes descendent d'abord; on passe d'un acide faible ($n = 0$) à un acide fort ($n = 2$); puis les courbes remontent jusqu'à $n = \infty$. Dans la région $f > \frac{1}{3}$, l'ascension est continue de $n = 0$ à $n = \infty$. Dans tous les cas le P_H de neutralité n'est atteint que pour la saturation totale des deux acides présents dans le mélange.

Toutes ces courbes présentent une inflexion plus ou moins nette; pour la courbe $n = 2$, elle a lieu pour $f = \frac{1}{3}$, ce qui correspond à la formation du dimolybdomalate d'ammonium. Ce sel et ses analogues sont ainsi nettement acides; ils sont à peu près neutres au méthylorange.

Il est instructif de rapprocher ces courbes de celles du pouvoir rotatoire. Alors que la variation du P_H est faible quand on passe de $n = 0,5$ à $n = 2$, celle du pouvoir rotatoire est énorme (+ 200 à − 60 pour le jaune). En résumé les résultats ci-dessus sont d'accord avec ceux fournis par les mesures polarimétriques, mais celles-ci présentent une sensibilité incomparablement plus grande que les mesures de concentration en ions H.

[1] *Zeits. f. anorg. allg. Chem.*, t. 125, 1922, p. 281.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur une cause possible de l'anomalie de gravité de Koursk (Russie centrale).* Note [1] de M. **P. Lasareff**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans mes Notes précédentes [2], j'ai décrit l'anomalie de magnétisme terrestre et de gravité dans le gouvernement de Koursk et j'ai indiqué les résultats des forages profonds qui ont découvert le gisement ferrifère. Dans la présente Note je donne les calculs simples qui montrent que le gisement découvert dans le gouvernement de Koursk est suffisant pour provoquer l'anomalie de gravité observée.

Nous savons que les gisements de magnétite se présentent en formations séparées qui ont la densité 4,5-5 environ. Pour pouvoir calculer l'effet gravimétrique du gisement, nous admettons que les masses séparées du gisement ont la forme de sphères égales, dont les centres sont situés sur la ligne droite parallèle à l'horizon. Nous admettons ensuite que les sphères se touchent. Soient D_0 la densité du sol, la densité de la substance des sphères D_1. L'anomalie de gravité dépend de la différence $D_1 - D_0 = D$.

Si nous avons $2n+1$ sphères et que nous observons la gravité au point situé sur la verticale passant par le centre de la sphère centrale ($n+1^{\text{ième}}$ sphère), nous avons pour la composante verticale de l'attraction l'expression

$$g_z = f\,\frac{4}{3}\pi R^3 D\,\frac{1}{r^2}\left\{1+\sum_{m=1}^{m=n}\frac{2}{\left[1+\left(\frac{2mR}{2}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}\right\},$$

où f est la constante de la loi de Newton égale à $6,65.10^{-8}$, R le rayon des sphères, r la distance des centres des sphères de l'horizon.

Deux plans horizontaux tangents aux sphères limitent la partie supérieure et inférieure du gisement. La profondeur de la partie supérieure du gisement est donc égale à $r-R$; la profondeur de la partie inférieure du gisement est $r+R$ et la distance entre les parties supérieure et inférieure du gisement $2R$.

Nous savons que dans le gisement ferrifère de Koursk la profondeur de

---

[1] Séance du 10 juin 1924.

[2] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1232; t. 178, 1924, p. 510, 627 et 1301.

la partie supérieure est 150^m environ. La profondeur totale atteinte jusqu'à présent 450^m environ. Nous pouvons donc admettre que les sphères ont le diamètre de 300^m et la distance $r - R = 150^m$. Nous prenons 25 sphères (la longueur du gisement est donc égale à 7500^m, l'influence des parties plus éloignées est petite). Nous admettons que l'observation de la gravité est faite au point situé sur la verticale passant par le centre de la treizième sphère. Nous posons ensuite $D_1 = 5$; $D_0 = 2$; D est donc égale à 3. Avec ces hypothèses nous obtiendrons

$$g_z = 0,006 \text{ dynes environ.}$$

g_z observée à Koursk est égale à 0,008 dyne environ.

Nous voyons que la valeur de la force normale provoquée par le gisement hypothétique situé dans des conditions semblables à celles observées dans le gisement de Koursk est de même ordre de grandeur que la valeur observée.

Nous pouvons donc conclure que les masses graves situées sous le sous-sol dans le gisement de Koursk sont suffisantes pour expliquer l'anomalie de gravité.

GÉOLOGIE. — *Deux types de nappes alluviales : terrasses monogéniques et terrasses polygéniques.* Note [1] de M. E. Chaput, transmise par M. Depéret.

Les terrasses alluviales, plaines d'alluvions anciennes étagées au-dessus des cours d'eau actuels, peuvent être de deux types bien différents :

1° Certaines terrasses se sont formées pendant des périodes de stabilité ou de relèvement du plan d'eau moyen; sur toute la surface d'une de ces plaines, correspondant à un ancien lit majeur, les alluvions sont pratiquement contemporaines; le profil transversal de la plaine est à peu près horizontal, le profil longitudinal indique la pente du cours d'eau (abstraction faite des méandres divagants) à l'époque où la terrasse s'est formée; on peut appeler *terrasse monogénique*, pour exprimer l'unité d'âge de sa surface, la plaine alluviale ainsi constituée.

2° D'autre part, lorsque le plan d'eau moyen d'un fleuve s'abaisse, pendant une période de creusement, il y a néanmoins dépôt d'alluvions dans

[1] Séance du 16 juin 1924.

certaines régions : ainsi sur les lobes convexes des sinuosités (anses larges ou méandres encaissés) et, d'une manière plus générale, sur le versant de la vallée que le cours d'eau tend à abandonner. D'après le mécanisme du déplacement des sinuosités (W. M. Davis, de Martonne), le profil transversal de la plaine alluviale est incliné vers le cours d'eau, et le profil longitudinal, déterminé dans la partie moyenne de la vallée, a une inclinaison vers l'aval plus forte que celle du profil du cours d'eau à l'époque où la plaine se formait. Il importe de remarquer que les alluvions ne sont pas contemporaines en tous les points de la plaine, même si celle-ci a un modelé en apparence uniforme; le fleuve a occupé en effet d'abord les points hauts de la plaine, puis, de proche en proche, au fur et à mesure du creusement et du glissement, latéralement et vers l'aval, des points de plus en plus bas. Il pourrait être utile de distinguer une nappe alluviale ainsi inclinée par un terme différent de celui de terrasse, par exemple celui de glacis, mais on peut aussi bien, pour indiquer que l'alluvionnement n'y est pas partout du même âge, employer l'expression *terrasse polygénique*.

Dans les vallées où les fleuves quaternaires avaient un cours à peu près rectiligne, à déplacement latéral faible, les terrasses sont fréquemment monogéniques ([1]) (vallées de la Loire à Gien, de l'Allier au sud de Moulins, etc.), mais, dans les vallées à méandres encaissés, comme celle de la Seine, les terrasses polygéniques sont les plus fréquentes. Quand un fleuve, dans une vallée peu sinueuse, décrit de larges courbes dont la translation latérale a été considérable au cours du Quaternaire, les deux types de terrasses coexistent en général : dans l'Orléanais, à côté d'une basse terrasse très étendue, à industrie acheuléenne et moustérienne (terrasse monogénique dominant de 18^m-20^m la Loire à l'étiage) on observe des nappes inclinées d'altitude relative plus forte ou plus faible, sans véritable palier (terrasses polygéniques). La vallée de la Garonne, en amont de Toulouse, a des caractères analogues.

Les terrasses monogéniques présentent un intérêt général; elles indiquent des modifications importantes dans l'évolution de la vallée (temps d'arrêt dans le creusement, phases de remblaiement); il est logique de chercher à les relier aux terrasses marines, aux cônes de transition des grandes avan-

([1]) E. Chaput, *Recherches sur les terrasses alluviales de la Loire* (*Thèse*, Lyon, 1917, et *Annales de Géographie*, t. 28, 1919, p. 81-98); *Recherches sur les terrasses alluviales de la Seine* (*Service de la Carte géologique de la France*, Bulletin 153, en cours de publication).

cées glaciaires, etc.; au contraire les terrasses polygéniques, quoique jouant un très grand rôle dans le modelé des vallées, ne peuvent être utilisées sans précautions dans une classification du Quaternaire : les essais de reconstitution des profils longitudinaux d'un fleuve à diverses époques, d'après les profils en long des terrasses, n'ont évidemment aucune valeur si l'on utilise des profils de terrasses polygéniques, où les alluvions ne sont pas du même âge aux divers points du profil.

CHIMIE SUCRIÈRE. — *Dosage du raffinose dans les sucres. Teneur des mélasses en raffinose.* Note de M. **Émile Saillard**, présentée par M. Lindet.

I. *Dosage du raffinose dans les sucres.* — Au moment où Clerget a élaboré sa méthode d'inversion (1838), on ne connaissait pas encore le raffinose. Celui-ci n'a été isolé qu'en 1876 par Loiseau, bien que cependant Dubrunfaut ait déjà remarqué, en 1850, que les sucres extraits des mélasses par le procédé à la baryte donnaient une polarisation à droite plus marquée qu'une solution de saccharose de même concentration.

Il n'y a pas de formules se rapportant au mélange de saccharose et de raffinose et au mode opératoire Clerget.

Nous avons cherché à établir ces formules en partant d'une solution pure de saccharose et de raffinose.

Le saccharose dont nous nous sommes servis a été purifié par les méthodes habituelles; quant au raffinose, il nous a été fourni par une maison de toute confiance et nous en avons contrôlé la pureté par les déterminations habituelles (humidité, cendres, pouvoir rotatoire).

L'expérience nous a montré que la solution normale française [1] de saccharose pur, invertie suivant le mode opératoire de Clerget donne, après inversion, ainsi que l'avait établi celui-ci, une déviation à gauche de 34° à la température de 20°.

Nous avons appliqué la méthode en question à une solution pure contenant de 8 à 10^{g} de raffinose par 100^{cm^3}.

Le bain de chauffage a été porté progressivement de 20° à 70° en

(1) Le point 100 de l'échelle saccharimétrique correspond à 21°40′ de la circonférence, c'est-à-dire à la déviation que donne une lame de quartz de 1^{mm} d'épaisseur à faces parallèles, taillée perpendiculairement à l'axe principal du cristal ou à une solution sucrée pure donnant une déviation de 100 sur l'échelle saccharimétrique.

11 minutes avec une source de chaleur préalablement étudiée. Au sortir du bain, le ballon a été refroidi jusqu'à 20° par immersion dans l'eau froide.

Voici les résultats obtenus :

Poids de raffinose pur pour 100^{cm^3}.	Polarisation.		
	Directe.	Après inversion (mode Clerget).	Après inversion et pour 100 de polarisation directe.
9^g,952	+60,15	+31,02	+51,57
9,952	+60,15	+31,03	+51,58
7,961	+49,15	+29,81	+51,54
		Moyenne	+51,56

Si l'on représente par S la teneur en saccharose, par y la teneur en raffinose, par A la polarisation directe, par B la polarisation après inversion et par C la somme A + B (si B est lévogyre), on a :

$$A = S + y;$$
$$B = -0,34S + 0,5156y;$$

d'où

(1) $$\text{Saccharose} = S = \frac{C - 0,4844A}{0,8556};$$

(2) $$\text{Raffinose hydraté} = R = \frac{A - S}{1,57}.$$

Nous avons appliqué le mode d'inversion Clerget à une solution contenant pour 100^{cm^3} : $16^g,265$ de saccharose et $1^g,99$ de raffinose, ou d'autres quantités.

En partant des lectures avant et après inversion et en appliquant les formules ci-dessus (1) et (2), nous avons retrouvé les quantités de saccharose et de raffinose contenues dans le mélange. Donc, la méthode que nous discutons, avec les formules (1) et (2), est exacte pour les solutons pures contenant du saccharose et du raffinose.

II. *Teneur des mélasses en raffinose.* — On cherche maintenant à extraire le sucre des mélasses. Pour les besoins commerciaux, on dose le sucre des mélasses en appliquant la méthode d'inversion et la formule dont il vient d'être question :

(3) $$S = \frac{(A + B) \times 100}{144 \times 1/2\, t},$$

où S = saccharose; A = polarisation directe; B = polarisation après inversion; t = température.

D'une façon générale, la polarisation directe A est plus grande que la

teneur en saccharose S, déduite de la formule précédente (3); mais la différence n'est pas constante.

Nous avons constaté que les mélasses de l'année 1923-1924 donnent lieu à une différence plus grande qu'en année ordinaire.

Nos analyses antérieures, qui portent chaque année sur les mélasses de vingt fabriques prélevées au même moment en usine, montrent que la teneur des mélasses en azote et en raffinose influe sur cette différence. (Il y a d'autres facteurs qui agissent aussi.)

Azote. — Pour les mélasses de 1911-1912, la différence moyenne a été de 0,53, mais elle a été nulle pour certaines mélasses (en année sèche, les mélasses contiennent plus d'azote).

Pour les mélasses de l'année 1923-1924, la différence moyenne a été de 1,44, et pour les mélasses de certaines usines (Somme, Nord, Seine-Inférieure, Seine-et-Marne), la différence est allée en augmentant à mesure qu'avançait la campagne. Elle est passée de 1 ou 1,2 à 2,3, 2,5 et même 2,8 et 3, et cela, sans que la teneur de la matière sèche en azote subisse des variations sensibles.

Voici des résultats d'analyses à l'appui :

Vingt mélasses.	Année 1911-1912 (année sèche).	Année 1923-1924.
Polarisation directe A	47,56	49,65
S = saccharose [formule (3)]	47,03	48,21
Différence A — S	0,53	1,44
Azote pour 100 de matière sèche	2,65	2,15

Raffinose. — Pour montrer que le raffinose est une autre cause de cette augmentation, nous avons précipité le sucre des mélasses à l'état de sucrate de baryte et analysé le sucrate après l'avoir lavé avec de l'eau de baryte et décomposé avec CO^2.

Nous avons employé la méthode Clerget avec les formules (1) et (2). La solution de sucre extrait du sucrate a été amenée par évaporation au bain-marie à une concentration à peu près égale à celle de la mélasse correspondante. Les sucres ainsi extraits renfermaient de plus en plus de raffinose à mesure qu'avançait la campagne, confirmant ainsi les indications déduites de l'analyse des mélasses. Voici quelques résultats d'analyse :

	Méthode Clerget avec formule (3).	
	Mélasse 1.	Mélasse 2.
A	49,64	52,40
S	47,94	49,94
A — S	1,70	2,46

	Méthode Clerget avec formules (1) et (2).	
	Sucre 1.	Sucre 2.
A	49,80	52,70
S	47,15	46,87
R	1,69	2,44

Il y a donc lieu de penser que le raffinose se forme plus abondamment dans le champ pendant l'arrière-saison ou dans les silos pendant la conservation des betteraves.

PHYSIOLOGIE. — *Nouvelles recherches sur la folliculine. Contribution à l'étude du passage des hormones au travers du placenta.* Note [1] de M. R. Courrier, présentée par M. Widal.

Nous avons montré récemment que l'injection de liquide folliculaire, prélevé sur des ovaires de vache ou de truie, provoquait en 48 heures les modifications du vagin caractéristiques du rut, chez des Cobayes femelles au repos génital complet puisqu'elles étaient castrées depuis 8 mois. Ces transformations vaginales consistent essentiellement en une prolifération très active des cellules de l'épithélium. Celui-ci devient pavimenteux stratifié et se substitue à l'épithélium cylindrique muqueux, caractéristique de l'état de repos. Nous avons vu aussi que l'animal, âgé de quelques jours seulement, réagit déjà à l'injection du liquide. Nous avons provoqué de la même façon les changements vaginaux du rut chez la femelle du Hérisson hibernante. Nous ajoutions que la substance active ou *folliculine* se trouvait dans le liquide folliculaire de Femme, qu'elle était soluble dans l'alcool et qu'elle résistait à l'ébullition.

Nous faisons remarquer qu'au cours d'un Mémoire paru en novembre 1923, E. Allen avait signalé en quelques lignes qu'il provoquait le rut chez des Souris en leur injectant du liquide folliculaire; mais les animaux n'étaient castrés que depuis quelques jours. Nous avons appris par la suite que, d'après Allen et Doisy, le produit actif était soluble dans les solvants des lipoïdes.

Nous nous sommes demandé si cette hormone ovarienne pouvait traverser le placenta. La précision de la réaction vaginale au liquide folliculaire et la sensibilité à ce même liquide des cobayes très jeunes, nous permettaient d'envisager le problème de la traversée du placenta par les hormones.

Nous avons injecté du liquide folliculaire à une femelle de cobaye gravide près du terme. L'expérience commence le 11 février; on donne

(1) Séance du 16 juin 1924.

chaque jour 1^{cm^3} de liquide folliculaire de truie. Le 15 février, deux petits naissent; ils sont normalement constitués. Un de ces petits est une femelle; on la sacrifie quelques heures après la naissance et l'examen histologique du vagin permet de constater qu'il a nettement réagi; les cellules de son épithélium se sont activement multipliées. La différence est frappante quand on compare ce vagin à celui d'un animal témoin pris dans les mêmes conditions.

Nous pouvons conclure que la folliculine injectée à la mère a incité les cellules vaginales du petit à se diviser d'une façon très intense.

L'hormone a donc très probablement traversé le placenta. Il se peut aussi que cette hormone ovarienne passe avec le lait; mais dans notre expérience la naissance datait de quelques heures seulement et la très faible quantité de lait qui a pu être ingérée n'aurait pu produire en si peu de temps une action aussi marquée.

Nous avons répété l'expérience sur d'autres femelles gravides; l'examen du vagin des fœtus prélevés *in utero* montra une réaction moins nette; il est vrai que ces derniers étaient très petits et qu'à cet âge les cellules épithéliales du vagin se divisent à l'état normal.

Nous avons constaté également que la folliculine n'existe pas seulement dans le follicule de de Graaf. Le liquide contenu dans les kystes à paroi lutéinique de l'ovaire de truie est actif. Grâce à l'obligeance du professeur Schikelé, qui a bien voulu nous fournir le matériel, nous avons pu voir que le liquide d'un fibrome kystique de l'ovaire humain avait une action sur le vagin. Ces faits sont facilement explicables, car ces formations anormales peuvent apparaître aux dépens de follicules de de Graaf. Mais nous avons trouvé que le contenu de certains fibromes utérins et que le liquide amniotique pouvaient aussi avoir une certaine activité. Nous ne pensons pas que ces derniers résultats puissent enlever toute spécificité au liquide folliculaire. La folliculine produite par l'ovaire, et qui existe en grande quantité dans l'ovisac, peut passer de là dans le milieu intérieur et se rencontrer en concentration plus faible dans certains liquides organiques. Ceci s'accorde avec le fait que cette hormone est susceptible de traverser le placenta [1].

---

[1] La réaction vaginale obtenue après injection de liquide recueilli au niveau d'un fibrome lymphangiectasique de l'utérus par exemple n'est d'ailleurs pas identique à celle provoquée par le liquide folliculaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Variations de la concentration des ions* H *au cours de l'assimilation des sels ammoniacaux d'acides forts par l'* Aspergillus repens *De Bary*. Note de M. **D. Bach**, présentée par M. Guignard.

J'ai choisi comme type le chlorhydrate d'ammoniaque dont l'assimilation aboutit à la mise en liberté d'acide chlorhydrique qui possède la plus forte constante de dissociation. Le Champignon a été cultivé dans les mêmes conditions et sur le même milieu que pour NO^3K (¹). Le milieu renfermait 5,35 pour 1000 de NH^4Cl, soit une concentration de sel ammoniacal $\frac{N}{10}$.

Tous les auteurs qui ont utilisé NH^4Cl avec l'*Aspergillus niger* ont constaté que la concentration des ions hydrogène atteint des chiffres très élevés: P_H 1,5 environ. D'autre part, ils sont d'accord pour reconnaître en lui un excellent aliment, ce qui tient sans doute à l'aptitude remarquable que possède l'*A. niger* de vivre en milieu fortement acide. L'*A. repens De Bary* n'a pas cette faculté et NH^4Cl semble pour lui un médiocre aliment. C'est ainsi qu'on obtient au 10e jour une récolte de 0g,07. Le P_H ne descend pas au-dessous de 2. Si l'on prolonge la culture, la récolte n'augmente pas et le P_H reste invariable. La culture est caractéristique. On n'obtient pas de voile, mais des îlots blancs, glaireux, formés d'hyphes à cellules renflées (cellules géantes) et qui bientôt s'immergent. Il n'y a ni conidiophores, ni ébauches de périthèces.

Mais si l'on utilise divers artifices pour empêcher une acidification trop rapide du milieu, l'utilisation du sel ammoniacal s'améliore.

1° En partant de milieux dont le P_H initial est plus ou moins élevé, on obtient les résultats suivants :

P_H initial	3,6	4	5	6	7	8
P_H final	2,2	2,5	2,1	2	2,2	2,6
Récolte	0,031	0,034	0,063	0,096	0,170	0,118

On voit que la récolte augmente régulièrement, à mesure que le milieu utilisé a un P_H plus élevé, c'est-à-dire que le champignon a un chemin plus long à parcourir avant d'atteindre la limite inférieure des P_H qui se trouve aux environs de 2. Le résultat fourni par la dernière culture ne fait pas exception, car le champignon n'a pas atteint le $P_H = 2$. Quand cette valeur sera atteinte vers le 14e jour, la récolte s'élèvera à 0g,20.

(¹) D. Bach, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 520.

2° En additionnant le milieu de substances « tampon » qui s'opposent à la variation désordonnée du P_H, ce qui aboutit en somme à augmenter la dose de HCl que le champignon peut libérer dans le milieu avant d'atteindre le $P_H = 2$, on obtient des résultats bien supérieurs. Il faut pour cela que les « tampons » utilisés exercent leur action dans la région des P_H qui convient le mieux à l'*Asp. repens* De Bary. Les sels des acides organiques, comme le citrate trisodique, conviennent parfaitement. Il suffit de doses très faibles (0,50 pour 100 et même moins). J'ai utilisé le citrate de soude à la dose de 0,50 pour 100.

P_H initial.	I P_H = 3.6.		II P_H = 5.		III P_H = 8.	
	Récolte.	P_H.	Récolte.	P_H.	Récolte.	P_H.
5e jour.......	0,06	2,9	0,133	3,2	0,011	5
10e jour.......	0,125	2,2	0,250	3,2	0,140	4,9
18e jour.......	0,123	2,4	0,337	2,5	0,250	4,5
24e jour.......					0,371	6,4

La culture III au 24e jour présente une diminution très nette de l'acidité actuelle (P_H) par suite d'une réaction secondaire. Le sucre ayant été consommé entièrement, le champignon s'est attaqué à l'acide citrique, d'où alcalinisation rapide par libération de soude.

3° Enfin si l'on détermine à intervalles réguliers la récolte, le P_H, l'ammoniaque et le sucre résiduels, on obtient des résultats que l'on peut résumer ainsi :

a. Tant qu'il reste du sucre dans le milieu l'acidité actuelle augmente constamment, et une fois la valeur limite atteinte, ne varie plus. La consommation du sucre s'arrête aussi à ce moment.

b. Il y a une concordance remarquable entre l'acidité potentielle de la culture, déterminée par titrage acidimétrique ordinaire et celle que l'on peut calculer sur la courbe d'ajustage en fonction du P_H.

c. Si par suite d'une dose insuffisante de sucre, celui-ci est épuisé, l'acide organique est attaqué à son tour et le milieu s'alcalinise par suite de la mise en liberté de soude. A partir de ce moment il n'y a plus concordance entre l'acidité potentielle expérimentale et l'acidité actuelle calculée comme plus haut.

d. Le dosage de l'ammoniaque consommée permet de calculer HCl libéré. Ce dernier correspond très exactement à celui qu'on a déterminé soit par titrage acidimétrique, soit par le calcul. Ces résultats ne valent que tant qu'il reste du sucre dans le milieu.

En résumé :

1° Sur les milieux habituels, le chlorhydrate d'ammoniaque est un mauvais aliment pour les champignons qui, comme l'*A. repens* De Bary, ne peuvent supporter une forte concentration des ions H.

2° Toute cause capable de retarder l'augmentation de cette concentration d'ions H améliore la valeur alimentaire de NH^4Cl.

3° L'acidification des milieux est due uniquement à la mise en liberté de HCl.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Du rôle de la réaction du milieu dans la fermentation élective.* Note de MM. **A. Fernbach** et **N. Schiller**, présentée par M. Roux.

Les recherches sur la fermentation élective, notamment celles de Gayon et Dubourg, ont conduit à la conclusion que, en agissant sur le sucre interverti, la grande majorité des levures fait disparaître le dextrose plus vite que le lévulose, de telle sorte qu'il arrive un moment où, vers la fin de la fermentation, le liquide ne renferme plus que du lévulose. Certaines races de levures, particulièrement les levures de Sauternes, font exception, et l'on observe avec elles le phénomène inverse, c'est-à-dire une disparition plus rapide du lévulose que du dextrose; le sucre qui reste dans les vins de Sauternes est ou bien uniquement du dextrose, ou bien un mélange de dextrose et de lévulose dans lequel le dextrose prédomine.

Nos expériences nous conduisent à modifier sensiblement les notions acceptées jusqu'ici, car celles-ci ne sont exactes, avec la plupart des levures, que si l'on se borne à examiner la nature des sucres présents à la fin de la fermentation. Si l'on dose ces sucres à divers stades de leur consommation, ce qui est facile en combinant la détermination du pouvoir réducteur du liquide avec le dosage iodométrique du glucose, on constate que, pour toutes les levures que nous avons étudiées [1], la fermentation marche au début comme avec la levure de Sauternes, c'est-à-dire que le lévulose disparaît plus vite que le dextrose. Ce n'est qu'à partir d'un certain stade de la fermentation, variable avec la nature de la levure employée, que le phénomène se renverse, et il s'ensuit une prédominance du lévulose au moment où la fermentation s'achève. On est ainsi conduit à admettre que, *à ses débuts*, la fermentation élective se passe de la même manière avec *toutes* les levures; si les levures de Sauternes font exception, c'est que chez elles on n'observe pas le renversement que nous venons de signaler.

Nous nous sommes demandé s'il ne serait pas possible, par quelque artifice, de modifier la marche de cette fermentation élective, et nous y sommes arrivés en faisant fermenter des milieux sucrés dont la réaction avait été modifiée. Si l'on fait une série de fermentations comparatives dans

(1) Nous avons employé dans nos expériences les levures suivantes de la collection de l'Institut Pasteur : Sauternes, Pombé, Saaz, Frohberg, Logos, Champagne, Chablis, J (distillerie).

un milieu dont on diminue peu à peu l'acidité, pour l'amener jusqu'à la neutralité, et encore bien plus en lui donnant une réaction alcaline, on voit la fermentation élective se modifier pour prendre les allures que présentent normalement les levures de Sauternes : à partir d'une certaine réaction qui varie avec la nature de la levure employée, on constate que, *d'un bout à l'autre de la fermentation*, le lévulose disparaît plus vite que le glucose [1].

Nous nous trouvons ainsi en présence d'un nouvel exemple d'un changement important apporté aux caractères physiologiques de la levure par une modification de la réaction du milieu. Quant aux propriétés électives de la levure de Sauternes, le changement de la réaction ne leur fait subir aucune modification; elles semblent donc avoir un caractère de fixité qu'on ne rencontre pas chez les autres levures. On peut se demander si l'on n'arriverait pas à l'obtenir chez ces dernières par une longue série de générations successives dans un milieu de réaction convenablement choisie.

ZOOLOGIE. — *Sur la morphogénie du rein des Siréniens.* Note de M. G. **Petit**, présentée par M. Ch. Gravier.

En étudiant l'évolution morphologique du rein des Siréniens, on peut mettre en évidence toute une série de faits nouveaux dont il paraît intéressant de rechercher le déterminisme possible.

Le rein des Lamantins se transforme de l'état fœtal à l'état adulte. Il importe de préciser tout d'abord les caractéristiques et le sens d'une transformation, dont nous avons voulu seulement indiquer l'allure générale dans une Note précédente [2].

Le rein gauche, mesurant 13^{mm} de long, du très jeune fœtus de *Manatus senegalensis* Desm. que nous avons examiné, lisse extérieurement, présente un hile ramassé, peu profond. Le bassinet, inclus dans le parenchyme, est porteur de calices, à bords retroussés et renflés, entre lesquels s'insinuent des coulées de substance corticale. Ainsi, ce rein fœtal appar-

---

(1) Nous avons employé comme milieu de culture de l'eau de touraillons sucrée, additionnée de 7 pour 1000 de phosphate d'ammoniaque, et renfermant 10 pour 100 de saccharose, interverti au préalable par l'acide chlorhydrique. Les réactions de ce milieu étaient les suivantes : Acide, $P_H = 5,1$ et $6,2$; neutre, $P_H = 7$; alcalin, $P_H = 7,5$ et $8,2$.

Les détails de nos expériences seront publiés ailleurs.

(2) G. Petit, *Remarques sur la lobation du rein des Lamantins* (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 244).

tient à la catégorie des reins que leur structure prédispose à l'acquisition d'une lobation typique.

En effet, quels que soient les caractères particuliers que peut comporter la lobulation rénale (individualisation de rénicules aboutissant à la grappe rénale des Cétacés, variantes dans la disposition des canaux collecteurs, suppression du bassinet par ramification directe de l'uretère...), un rein de type lobulé ou lobé ne peut dériver que d'un rein dont la substance corticale pénètre plus ou moins dans la substance médullaire dont elle amorce la division. C'est la prolifération centripédique de la substance corticale qui constitue, en somme, le processus typique de la lobulation rénale.

Or, ce processus se développe chez les Lamantins d'une manière inattendue. Il provoque, en effet, une refonte complète de la structure du rein fœtal. La coupe d'un rein, mesurant 125^{mm} de long, de *Manatus senegalensis* Desm., à surface extérieure absolument lisse, montre l'envahissement de la substance corticale entourant des îlots médullaires. Mais un noyau de cette substance corticale, allongé transversalement, a disjoint et isolé, dans les régions polaires de l'organe, les calices si nets chez le fœtus. En outre, le bassinet, muni de deux prolongements latéraux et d'un prolongement ventral (*recessus terminales*) a été refoulé dans un hile qui prend l'aspect d'un sinus allongé et profond.

S'il est possible d'admettre qu'un rein de fœtus de Lamantin actuel présente les caractéristiques du rein des ancêtres du genre, il faut noter aussi que les transformations auxquelles nous venons d'assister et qui aboutissent à une augmentation de la surface sécrétante rénale, permettent de rapprocher, à certains égards, le rein des Lamantins adultes de celui des Éléphants.

Le rein des Dugongs (*Halicore dugong* Erxleb.) peut être rangé dans la catégorie des reins qui ont une papille commune et un bassinet dont les parois émettent des diverticules (*Blattförmige Ausstülpungen* des auteurs allemands). Très répandu chez les Mammifères, ce type rénal paraît presque exclusif chez les Artiodactyles ruminants. Nos recherches d'anatomie comparée nous ont permis d'établir que le rein du Dugong, quelques traits spéciaux de sa morphologie mis à part, pouvait être considéré comme un rein d'Artiodactyle dont certains caractères seraient modifiés par un allongement remarquable. Cette modification se manifeste par un rapprochement du bassinet du bord interne de l'organe, un étirement de ce bassinet sous forme de canaux collecteurs, homologues à des *recessus terminales*, une réduction des cavités collectrices entre les lèvres desquelles affleure le renflement papillaire qui a participé à l'allongement de l'organe. Nous signa-

lerons du reste que l'allongement particulier des reins de deux Ruminants, le Cerf eldi (*Cervus* [*Rucervus*] *eldi* Guthrie) et mieux le Cerf unicolor (*Cervus* [*Rusa*] *unicolor* Bechstein), imprime à ces organes des modifications analogues.

Le rein des Dugongs, chez le fœtus comme chez l'adulte, est toujours lisse. Si l'on peut supposer que le rein des ancêtres du genre présentait les caractéristiques essentielles que nous venons d'indiquer, il faut considérer que ce rein ancestral était lisse lui aussi. En effet, la présence de diverticules qui prolongent les parois du bassinet jusqu'à la substance corticale, en formant des cloisons qui se relient les unes aux autres, paraît être, d'une manière générale, incompatible avec l'envahissement de la substance corticale qui caractérise, nous l'avons vu, le processus typique de la lobulation rénale. Lorsque, corrélativement à l'existence de ces diverticules, la substance corticale se trouve maintenue à la périphérie du rein, l'augmentation de la surface sécrétante rénale s'opère par l'amplification des cloisons, qui forment un réseau complexe à l'intérieur du parenchyme. Ce processus, adapté à un type rénal particulier, se développe nettement chez le Dugong, du rein fœtal au rein adulte; il conduit à une disposition qui, par sa signification profonde et par l'aspect qu'elle donne parfois à l'organe, équivaut à une lobation.

Nous ne connaissons les reins de la Rythine (*Hydrodamalis stelleri* Retzius) que par les caractères de leur surface. Brandt, d'après Steller, nous apprend qu'ils étaient très lobulés (... « *e renculis numerosis compositi* » ...)

Or, d'après les considérations développées dans cette Note, nous sommes autorisés à penser que le rein lobulé de la Rythine se rattachait à un type rénal différent de celui des Dugongs et comparable au type rénal des Lamantins. Il présentait sans doute, corrélativement à l'augmentation du nombre des lobules, un développement des canaux collecteurs, soit par ramification de l'uretère, soit par ramification du bassinet.

Ainsi, nous avons montré chez les Lamantins et les Dugongs, le phénomène de l'augmentation de la surface sécrétante du rein, agissant, selon deux processus différents, sur deux structures différentes et se développant du fœtus à l'adulte. Les causes déterminantes de ce phénomène font précisément partie de l'ensemble de celles qui sont capables d'intensifier la sécrétion urinaire, et que R. Anthony a indiquées dans son essai d'explication du déterminisme de la lobulation rénale en général (1).

(1) R. Anthony, *Le déterminisme de la lobulation du rein chez les Mammifères* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1174).

Il nous paraît donc que c'est bien l'adaptation à la vie dans les eaux et la disparition, entraînée par elle, des glandes sudoripares, qui ont déterminé la lobation du rein des Lamantins et le cloisonnement complexe du des Dugongs, en partant d'un rein fœtal simple, lui-même vraisemblablement représentatif du type rénal des ancêtres terrestres de ces animaux. Venant s'ajouter aux deux facteurs précédents, l'acquisition d'un grand volume somatique et la localisation de l'espèce dans les eaux froides du Nord-Pacifique peuvent être, de même, raisonnablement invoquées pour expliquer la lobulation, si accusée d'après Steller, du rein des Rythines.

PROTISTOLOGIE. — *Sur l'évolution des éléments cytoplasmiques dans le cycle d'une Aggrégatidée* (Aggregata Eberthi *Labbé*). Note de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, présentée par M. Henneguy.

I. *Paraglycogène*. — La prédominance des réserves hydrocarbonées signalée dans le cytoplasme de l'*Adelina dimidiata* (1) est encore plus nettement marquée dans l'*Aggregata Eberthi*.

A. Gamogonie. — Le jeune gamonte présente deux groupements de granules de paraglycogène placés, l'un dans la zone antérieure, l'autre dans la zone postérieure du cytoplasme. A mesure que le gamonte grandit, le nombre des granules augmente; la plupart d'entre eux grossissent et ils se répandent peu à peu dans tout le cytoplasme. Le maximum de taille de ces granules est atteint lorsque le gamonte est lui-même arrivé à sa taille maxima.

a. Microgamétocyte. — Dans le microgamétocyte, les plus grosses sphérules de paraglycogène ne dépassent guère 2^{μ}. Leur taille commence à diminuer quand le noyau se porte à la périphérie de la cellule. A la formation des microgamètes, les sphérules ont en moyenne $0^{\mu},7$. Elles se portent au voisinage des proéminences cytoplasmiques qui donneront les futurs microgamètes. Mais dès que la forme du microgamète se dessine, les sphérules s'éloignent de lui; elles émigrent alors vers le centre de la zone de découpage et restent dans le reliquat. Une digestion des réserves hydrocarbonées s'effectue parallèlement à la genèse des microgamètes, mais ces derniers sont dépourvus de paraglycogène.

b. Macrogamète. — Dans le macrogamète qui a atteint sa taille

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 975.

maxima, les plus grosses sphérules de paramylon ont 4^{μ} : le paraglycogène est plus important que dans le microgamétocyte, il envahit tout le cytoplasme. Une polarisation dans les réserves se manifeste quand le noyau émigre vers la périphérie de la Coccidie. La plupart des corpuscules de paraglycogène prennent alors une forme ellipsoïdale et s'orientent comme s'ils subissaient une attraction nucléaire. La diminution de taille des corpuscules, qui s'est déjà manifestée, continue après la fécondation. Au moment du découpage des sporoblastes, les granules sont sphériques et ont en moyenne $0^{\mu},5$. Ils s'orientent alors par groupes de 7 à 9 éléments; chaque groupe se place dans la zone cytoplasmique qui donnera un futur sporoblaste et l'on peut suivre le découpage de ces derniers par la disposition même des groupements de granules. Ces granules, rassemblés en une seule masse dans la spore qui vient de se former, se disposent bientôt en trois groupes. Lors de la division nucléaire, chacun de ces groupes passe dans un futur sporozoïte. La place du paraglycogène, variable pendant la genèse de ce dernier, est fixe dans un sporozoïte mûr; il y a alors 3 ou 4 granules placés à l'avant du noyau.

B. Schizogonie. — La croissance du schizonte s'accompagne, pour le paraglycogène, des mêmes phénomènes de développement et de répartition que ceux décrits dans la croissance du gamonte; toutefois, la masse de paramylon atteindra un développement encore plus important que dans le macrogamète. Les granules restent toujours sphériques et conservent leur taille maxima après la migration du noyau vers la périphérie cellulaire. La digestion des réserves est donc ici plus tardive que dans le gamonte; commencée dès la division nucléaire, elle se continue pendant le reste de l'évolution. La grande taille (7^{μ}), atteinte par les sphérules du schizonte, permet de voir que la similitude entre les réserves hydrocarbonées des Coccidies et celles des Grégarines est non seulement d'ordre chimique, mais porte aussi sur la structure : 1° au microscope polarisant, les sphérules présentent le phénomène de la croix noire, comme cela a été décrit dans le paramylon des Grégarines; 2° certaines grandes sphérules ont un hile en forme de croix, croix colorable comme celle décrite par Henneguy (1888) dans le paraglycogène d'un *Monocystis*. Toutefois, ici, aucune confusion n'est possible entre cette forme particulière du hile et la croix de polarisation qui est beaucoup plus grande et d'une autre forme.

II. *Réserves albuminoïdes phosphorées*. — Ces éléments sont de véritables chromidies, leur origine nucléaire n'étant pas douteuse. Dès que la Coccidie (gamonte ou schizonte) a atteint une taille moyenne, mais plus

nettement encore, quand elle est proche de sa taille maxima, de petites sphérules d'oxychromatine se détachent de la périphérie du nucléole pour être émises dans le cytoplasme. Chacune emporte une petite bordure de basichromatine en forme de calotte. Ces sphérules sont parfois alignées en traînée dans la zone périnucléolaire du noyau. Elles se répandent dans tout le cytoplasme, étant toutefois un peu plus abondantes autour du noyau et vers la périphérie de la cellule. Leur forme sphérique initiale n'est pas toujours conservée, certaines ont des formes irrégulières. Parfois, la calotte est transformée en granules. Le cytoplasme du schizonte est un peu moins riche en chromidies que celui du gamonte.

III. *Appareil de Golgi.* — Une différence analogue existe pour les éléments de Golgi. L'appareil réticulaire du schizonte qui se développe est en relation avec le noyau. Les granules ou croissants qui le constituent bordent la périphérie nucléaire ou recouvrent partiellement le noyau à l'un des pôles, suivant une zone qui part du nucléole pour aboutir à la périphérie nucléaire. Mais les éléments de Golgi qui se répandent dans le cytoplasme sont ici moins nombreux que dans les phases correspondantes du développement du gamonte.

IV. *Mitochondries.* — Les mitochondries, très fines baguettes ou alignements de fins granules répandus dans le cytoplasme, se disposent le long des travées cytoplasmiques dès que l'aspect alvéolaire se dessine au cours de la croissance de la Coccidie. Certains chondriocontes sont accolés aux corpuscules de paraglycogène. D'autre part, les calottes ou granules qui bordent les chromidies présentent les réactions mitochondriales. Il y a donc une catégorie au moins de mitochondries qui se trouve être d'origine nucléaire.

Ainsi, parmi les divers éléments cytoplasmiques dont l'évolution est visiblement dirigée par celle du noyau, le paraglycogène montre une certaine autonomie. Sa présence, dans toutes les formes de l'évolution du cycle (microgamète excepté), en fait un des éléments qui contribuent à assurer la constance chimique de l'espèce, dans les migrations à travers les hôtes successifs.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *L'anémie pernicieuse du mouton et de la chèvre.* Note de MM. **A. Donatien** et **F. Lestoquard**, présentée par M. Roux.

La surveillance quotidienne de moutons et de chèvres destinés à diverses expériences nous a permis d'observer, à Alger, une maladie qui, croyons-nous, n'a pas encore été classée d'une façon précise au point de vue étiologique. Elle est caractérisée par une courbe de température très irrégulière (accès fébriles généralement brefs, séparés par des rémittences de durée variable), une baisse rapide de l'état général, de l'anémie, de l'asthénie et des lésions de cachexie. L'issue est presque toujours fatale.

Nous n'avons pu déceler aucun parasite ni dans le sang ni dans les organes. Le résultat des examens microscopiques et des ensemencements est négatif.

La maladie est transmissible en série au mouton et à la chèvre (onze passages ont été réalisés à l'heure actuelle. Le sang, le sérum et l'urine sont virulents à toutes les périodes de la maladie. Le sérum conserve sa virulence après filtration sur bougie Chamberland L1 *bis* ou L2. La maladie se transmet par inoculation intraveineuse ou sous-cutanée, par ingestion et par cohabitation. Il suffit d'une dose très faible d'une humeur virulente, celle introduite par une piqûre d'aiguille, pour produire l'infection.

Un animal, ayant réagi à une première inoculation, réagit à une deuxième comme un animal neuf.

Maladie expérimentale du mouton et de la chèvre. — Elle est exactement superposable à la maladie naturelle et se traduit par une irrégularité marquée de la température, de l'asthénie, une anémie progressive sans régénération sanguine. Elle aboutit à l'épuisement complet de l'animal et à sa mort au bout d'un temps variant de 10 jours à quelques mois.

Sur les cadavres, on constate des lésions de cachexie auxquelles s'ajoutent des lésions septicémiques lorsque la maladie s'est terminée brutalement. Des bronchopneumonies banales sont parfois observées.

Les capsules surrénales, toujours altérées, présentent des lésions interstitielles telles que : congestion, hémorragies corticales ou médullaires, infiltration leucocytaire et des lésions cellulaires comme l'homogénéisation du protoplasma et la vacuolisation du noyau.

Ces altérations capsulaires permettent d'expliquer l'asthénie, l'anémie et la cachexie.

Transmission à l'âne et au veau. — Deux ânes inoculés avec 50^{cm^3} de sang,

l'un dans la veine, l'autre sous la peau, ont contracté la maladie : fréquents accès fébriles à grande amplitude, anémie progressive contrôlée à l'hématimètre, amaigrissement. La maladie a été transmise de l'âne à l'âne et de l'âne au mouton.

Un veau s'est également montré sensible au virus. La maladie a pu être reportée sur le mouton.

Conclusion. — Il existe, en Algérie, une maladie du mouton et de la chèvre due à un virus filtrable, transmissible au mouton, à la chèvre, à l'âne et au veau. Elle se traduit par une anémie progressive aboutissant à la cachexie et à la mort. Les lésions des surrénales dominent sa pathogénie. Elle offre des analogies frappantes avec l'anémie pernicieuse du cheval, étudiée par Carré et Vallée. Nous proposons de l'appeler *anémie pernicieuse du mouton et de la chèvre.*

MICROBIOLOGIE. — *Sur la fermentation sulfhydrique dans la mer Noire.* Note [1] de M. **B. Issatchenko**, présentée par M. S. Winogradsky.

L'expéditionpour l'exploration de la mer Noire, organisée en 1890-1891 sur l'initiative du professeur Androussoff, a constaté la présence de quantités notables d'hydrogène sulfuré dans les eaux profondes de cette mer à partir du niveau de 180^m. Sa teneur, en augmentant avec la profondeur, atteignait 6^{cm^3} par litre à 2970^m, d'après les analyses du chimiste de l'expédition Lebedinzeff.

Androussoff, en se basant sur des considérations géologiques, mettait ce fait en rapport avec une accumulation sans cesse renouvelée de cadavres d'organismes dans ce bassin, laquelle serait due à un courant apportant des masses d'organismes de la Méditerranée dans la mer Noire, qui y périraient à cause d'une différence considérable de la concentration des eaux des deux bassins. Le dégagement d'hydrogène sulfuré aurait donc pour cause la putréfaction des matières albuminoïdes et se ferait à leurs dépens, mais aussi aux dépens des sulfates qui subiraient une réduction par l'effet de ce phénomène essentiellement réducteur.

Le côté microbiologique de la question a été étudié la première fois en 1891 par Zelinsky et Broussilovsky, qui isolèrent de la vase du fond, récoltée à des profondeurs variant de 29^m à 2170^m, plusieurs espèces de

---

[1] Séance du 16 juin 1924.

bactéries. L'une d'elles, appelée *Bacterium hydrosulfureum ponticum*, a particulièrement attiré leur attention. C'était un petit bâtonnet pullulant, en présence ainsi qu'à l'abri de l'air, sur les milieux bactériologiques ordinaires en dégageant de l'hydrogène sulfurée ; en ajoutant des sulfates on constatait leur réduction. Zelinsky concluait que l'hydrogène sulfurée des eaux provenait des sulfates, et il envisageait sa production comme effet secondaire de l'activité des microbes, qui font fermenter les matières protéiques et la cellulose en dégageant de l'hydrogène et du formène.

Si nous ajoutons que cette bactérie prétendue pontique a été étudiée par Nadson, et que ce bactériologiste a cru y reconnaître un ferment de putréfaction des plus banaux, le *Proteus vulgaris*, nous serons au bout de nos connaissances sur la cause active d'un phénomène naturel de cette importance.

Leur insuffisance étant évidente, nous avons profité de l'occasion de reprendre cette question en prenant part à l'expédition du vapeur *Bezstraschny* pour l'exploration de la mer Noire et la mer d'Azov dirigée par le professeur Knipovitsch. Il nous fut donc possible d'étudier un grand nombre d'échantillons de vase du fond pris à des profondeurs différentes allant jusqu'à 2118^{m}. Leur étude microbiologique nous a permis de découvrir partout un agent microbien qui réduit les sulfates avec dégagement abondant d'hydrogène sulfuré, et cela directement et dans un milieu dépourvu de substances albuminoïdes, ainsi que de cellulose.

On trouvait, il est vrai, dans tous les échantillons des bactéries qui produisaient de l'hydrogène sulfuré aux dépens du soufre des albumines, mais cette production était toujours peu importante.

Leur énergie sous ce rapport était bien inférieure à celle d'un petit vibrion caractéristique qui présentait tous les caractères de l'espèce décrite par Beijerinck et van Delden sous le nom de *Microspira æstuarii;* il est probable qu'il lui est identique. Il pullule abondamment dans une solution additionnée de sels d'acide organique et de sulfates, tenue dans des conditions d'anaérobiose stricte. La production d'hydrogène sulfuré y atteint $0^{g},3$ à $0^{g},5$ par litre.

C'est cette espèce qui apparaît, à la suite de nos études, comme l'agent microbien de la fermentation sulfhydrique dans la mer Noire. Nous sommes en train d'en approfondir l'étude.

Quant aux caractères biochimiques du processus naturel, nous croyons pouvoir affirmer dès maintenant : 1° que la formation de l'hydrogène sulfuré a lieu dans la mer aux dépens des sulfates, du moins principalement;

2° que cette formation exige la présence d'une quantité très modérée d'aliment organique de la valeur énergétique et plastique des acides organiques ou des corps amidés.

MÉDECINE ET CHIRURGIE. — *A propos de la technique concernant le traitement des affections médico-chirurgicales par les rayons ultraviolets.* Note de MM. **Ménard** et **Foubert**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous rappellerons brièvement les données physiques actuellement connues sur les ultraviolets et qui intéressent le médecin. Nous terminerons par l'exposé des principes qui doivent guider l'opérateur dans le traitement des affections médico-chirurgicales.

1° *Données physiques.* — Le moyen de production des rayons ultraviolets le plus généralement utilisé actuellement est la lampe à vapeur de mercure en quartz. Les radiations émises par cette lampe donnent un spectre à raies dont les caractères physiques sont nettement définis. Ce spectre s'étend dans l'ultraviolet jusque vers 1850 Å. A l'autre extrémité, dans le spectre visible, on observe un doublet jaune vers 5790 Å. Enfin des radiations infrarouges, de grande longueur d'onde, ont été relevées vers 20000 Å. Notons en passant l'absence dans ce spectre d'infrarouges de petite longueur d'onde dont l'action physiologique antagoniste des ultraviolets est connue.

L'intensité et la composition du rayonnement varient dans de grandes proportions avec le régime électrique (nombre de watts consommés par la lampe), et les conditions du refroidissement du brûleur [1]. Toutefois, il est bien entendu que le régime électrique n'influe pas sur la qualité des radiations émises (étendue du spectre dans l'ultraviolet).

On sait que les ultraviolets sont inégalement absorbés par les corps. C'est ainsi que le quartz du brûleur absorbe lui-même une certaine quantité de radiations. Cette absorption est plus considérable que ne le serait celle produite par une couche d'air de l'ordre de 1^m. Quelques décimètres d'air peuvent en effet éteindre une raie de spectre vers 1850 Å. La qualité du spectre émis par la lampe à vapeur de mercure est donc uniquement influencée par la transparence plus ou moins grande du quartz du brûleur. Grâce au concours de M. J. Cojan, nous avons pu étudier le spectre de la

[1] Fabry et Buisson, *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 93 et 254.

lampe à mercure, filtré par interposition de cellophane blanche, bleue, de verre Fieuzal bleuté, brun violet, et de verre blanc de 1^{mm} d'épaisseur.

Les photographies des différents spectres montrent que les filtres interposés absorbent :

1° Les radiations dans le spectre visible en commençant par les plus petites longueurs d'onde ;

2° Les radiations visibles dans le spectre en commençant par les longueurs d'onde les plus longues. Les matières colorantes des filtres, pour ceux en cellophane en particulier, augmentent le pouvoir d'absorption de ces filtres aussi bien dans l'ultraviolet que dans la partie visible du spectre. Il faut donc admettre que ce résultat est obtenu d'une part, par le pouvoir d'absorption de la molécule chimique du colorant en ce qui concerne l'ultraviolet et d'autre part par le pouvoir colorant de la matière employée en ce qui concerne le spectre visible.

II. *Applications médico-chirurgicales.* — Le corps humain exposé aux rayons ultraviolets subit un certain nombre de réactions les unes appréciables sur la peau, les autres appréciables par la modification de l'état général. Les premières vont depuis la rubéfaction immédiate et de courte durée, jusqu'à l'érythème intense avec phlyctènes et troubles généraux tels que insomnie, fièvre, vomissements, etc. Ces accidents ne sont pas en général dangereux, mais doivent être évités. Quant aux deuxièmes, celles concernant l'état général, elles peuvent être obtenues sans même aller jusqu'à l'apparition d'un érythème persistant de la peau. C'est en somme la réaction cutanée qui guide le médecin dans la conduite du traitement. Cette réaction cutanée dépend de la susceptibilité individuelle du sujet, des qualités physiques de la lampe de quartz, de la distance du patient à cette lampe, enfin du temps d'irradiation.

De ces quatre facteurs on ne peut apprécier exactement que les deux derniers. La dose en ultraviolet étant inversement proportionnelle au carré de la distance et directement proportionnelle au temps d'irradiation. C'est pourquoi on ne peut formuler d'une manière précise une technique de l'application médico-chirurgicale des ultraviolets. On peut cependant dire que, d'après les travaux parus, la tendance de certains auteurs est d'atteindre la dose érythème.

Pour notre part, nous estimons qu'il est préférable d'éviter toute réaction de la peau, à l'exception des cas où l'on recherche la nécrose d'un élément cutané pathologique. Nous n'avons pas observé, jusqu'à ce jour, une rapi-

dité plus grande dans la guérison des malades ayant eu une réaction de ce genre. Il est bien entendu que nous entendons par érythème la réaction qui apparaît 5 ou 6 heures après la séance et qui se maintient pendant plusieurs jours.

D'autre part, il n'y a pas lieu, comme cela a été conseillé, de porter la durée de la séance à une heure d'exposition et quelquefois davantage, pas plus d'ailleurs qu'il n'y a d'intérêt à interposer un filtre qui ne fait qu'absorber les radiations de courtes longueurs d'onde, précisément les plus actives et pas plus nocives que les autres pour un sujet entraîné.

Certains auteurs, enfin, semblent croire que l'action des ultraviolets est renforcée par l'adjonction d'autres radiations (infrarouges, rayons X). Nous ne pensons pas que l'action des ultraviolets soit modifiée en quoi que ce soit par ce procédé, chacune des radiations agissant pour son propre compte suivant son mode d'action particulier. C'est ainsi que pour les masses ganglionnaires, par exemple, le traitement par les rayons X seul a donné des résultats favorables connus depuis longtemps.

En résumé, l'application médico-chirurgicale des ultraviolets est des plus simple et donne la guérison aux malades sans qu'il soit besoin de provoquer d'érythème, cause de malaises généraux, voire même de souffrances inutiles.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Diabète pancréatique expérimental et insuline*, Note de MM. **H. Penau** et **H. Simonnet**, présentée par M. E. Leclainche.

Dès le début de nos recherches sur l'essai physiologique des préparations insuliniennes, recherches qui remontent au mois de juillet 1923, il nous avait paru intéressant d'apprécier l'activité de ces préparations par la prolongation de la survie qui en résultait chez le chien totalement dépancréaté.

Après plusieurs demi-succès, au cours desquels la survie atteignit respectivement 30, 40, 40, 57, 65 jours, la mort survenant soit au cours d'accidents d'hypoglycémie, soit à la suite d'erreur de régime alimentaire, nous avons pu, guidés par ces essais, obtenir chez une chienne une survie qui atteint actuellement 140 jours.

Cet animal, âgé de 5 ans, du poids de $7^{kg},700$, a subi le 24 janvier 1924, sous anesthésie à la morphine-chloroforme, l'ablation totale du pancréas,

par arrachement. L'opération ayant été pratiquée en un seul temps, le traitement à l'insuline a été institué dès le lendemain de l'opération (glycémie ce jour : 3^{kg},210).

Le métabolisme des hydrates de carbone a été suivi par l'examen bi ou triquotidien de la glycémie, le sang étant prélevé par ponction du ventricule gauche; le dosage du sucre a été effectué par la méthode de Folin-Wu.

L'histoire clinique de cet animal démontre que :

1° La totalité de la déficience secrétoire endo-pancréatique paraît être comblée par l'insuline, ce qui confirme d'ailleurs les observations faites par Hédon à ce propos.

2° L'influence du régime alimentaire est capitale pour assurer une survie prolongée. En effet, soumis à un régime exclusivement carné, l'animal ne tarde pas à perdre du poids. Poids initial : 7^{kg},700; poids au 10ᵉ jour : 6^{kg},700; poids au 20ᵉ jour : 5^{kg},800; poids au 30ᵉ jour : 5^{kg},800.

Ce fait est dû au déséquilibre du métabolisme par manque d'hydrates de carbone et de graisses, résultant du trouble de l'assimilation intestinale par carence totale de le sécrétion pancréatique externe.

En effet, à partir du moment où l'animal absorbe chaque jour, au moment de ses repas de viande, du saccharose (20-50^{g} par jour), on voit son poids s'élever progressivement de 5 à 6^{kg} du 40ᵉ au 60ᵉ jour.

Du 60ᵉ au 90ᵉ jour, le sucre étant remplacé par du lait, 200-300^{cm^3} par jour, le poids va encore s'améliorant très légèrement : 6^{kg},100 au 90ᵉ jour.

Puis, du 90ᵉ au 100ᵉ jour, après retour à une administration quotidienne de 50^{g} de sucre, le poids de l'animal remonte à 6^{kg},500 au 100ᵉ jour.

Enfin, du 100ᵉ au 140ᵉ jour, l'animal reçoit le repas suivant, une demi-heure avant l'injection d'insuline : viande cuite, 160^{g}; lait, 100^{g}; sucre, 12^{g}; pain, 10^{g}.

Puis, 4 heures après, de la viande cuite, *ad libitum;* il en résulte des oscillations pondérales variant entre 6 et 7^{kg}.

Ces expériences montrent toute l'importance des hydrates de carbone préformés, directement assimilables, dans le régime alimentaire du chien dépancréaté soumis au traitement insulinien.

Comme corollaire, il paraît logique de mettre en doute l'influence bienfaisante du jeûne prolongé dans les cas de diabète sucré de l'homme, par suite des phénomènes autophagiques qui l'accompagnent.

3° La dose d'insuline nécessaire pour maintenir l'animal en état d'équilibre alimentaire est telle qu'avec un régime riche en hydrates de carbone

il faut atteindre 1 unité physiologique par kilogramme; mais l'expérience montre aussi que cette dose, administrée en une fois, est trop active chez un animal recevant une nourriture exclusivement carnée; dans ce cas, 0,5 unité par kilogramme suffit en général.

4° Les modalités de l'action hypoglycémiante de l'insuline diffèrent chez le chien normal et de chien dépancréaté, toutes choses étant égales : jeûne de 12 heures, quantité d'insuline injectée (0,5 unité par kilogramme). Alors que chez le premier la glycémie est minima vers la deuxième heure où elle atteint 0,40-0,45 de sucre sanguin par litre, chez le second au contraire l'abaissement sucré est maximum vers la sixième heure et correspond à 50 pour 100 du taux glycémique initial : celui-ci tombant ainsi de 4^g à 2^g environ.

5° L'animal, toutes choses étant égales, répond, dans le temps, à peu près identiquement à une même dose d'insuline, ce qui offre un intérêt pour la vérification du titrage physiologique des préparations insuliniennes.

Voici, à titre d'exemple, quelques chiffres pris au hasard au cours du traitement lorsqu'on administre à l'animal 50^g de saccharose une demi-heure avant l'injection d'insuline (une unité par kilogramme).

	Glycémie initiale.	Au bout de 4 heures.	Abaissement pour 100.
41e jour	4340	2740	36,86
47e jour	2900	1275	56,03
79e jour	2980	1700	42,95
96e jour	2530	1320	47,82
98e jour	3740	2310	38,2

Il ne semble pas d'ailleurs que les animaux souffrent du taux élevé de la *glycémie* à laquelle ils sont maintenus et qui ne s'abaisse vers la normale que quelques heures par jour; l'excès du sucre ne paraît donc pas nocif en lui-même.

Pour terminer, il nous paraît intéressant de signaler, aussi bien chez l'animal diabétique que chez le pigeon carencé en facteur B, atteint de polynévrite aviaire, la non-combustion des hydrates de carbone, ainsi que la non-élévation du quotient respiratoire consécutive à une administration parentérale de glucose; dans ces deux cas le métabolisme des sucres paraît être troublé dans le même sens et d'une manière identique.

Il ne paraît pas non plus sans intérêt d'effectuer un rapprochement entre les crises tétaniformes de la polynévrite aviaire et celles de l'hypoglycémie

insulinienne; toutes deux semblent traduire le défaut de combustion des hydrates de carbone, ayant comme corollaire un ralentissement des phénomènes d'oxydation (asphyxie), vis-à-vis desquels le système nerveux répond d'une manière univoque.

La séance est levée à 16 heures et demie.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 26 mai 1924.)

Note de M. *Elie Iwanow*, De la fécondation artificielle des Mammifères et des Oiseaux :

Page 1855, ligne 3 en remontant, *au lieu de* trypsine; l'amylase, la lipase, la pepsine, l'érepsine et ..., *lire* trypsine, l'amylase, la lipase; la pepsine, l'érepsine et ....

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT LE PREMIER TRIMESTRE 1924. (*Suite.*)

Observations made at the Royal Magnetical and Meteorological Observatory at Batavia. Batavia.
Occasional Papers of the Museum of Zoology. Michigan.
Office international d'hygiène publique. Bulletin. Paris.
Ohio Journal of Science. Columbus.

Philippine Journal of Science (The). Manila.
Physical Review; a Journal of experimental and theorical physics. New-York.
Physis : Revista de la Societad argentina de Ciencias naturales. Buenos-Aires.
Pologne. Paris.
Proceedings of the American Philosophical Society. Philadelphia.
Proceedings of the California Academy of Sciences. San Francisco.
Proceedings of the London mathematical Society. London.
Proceedings of the Royal Society; series A. London.
Proceedings of the Royal Society; series B. London.
Progrès médical (Le). Paris.

Quarterly Journal of the Geological Society. London.

Recueil des Notices et Mémoires de la Société archéologique, historique et géographique du département de Constantine; cinquième série. Constantine.
Renaissance alsacienne (La). Strasbourg.
Report on the progress and condition of the U. S. national Museum. Washington.
Résumé mensuel des travaux de la Société des Nations. Genève.
Revista de la Universidad nacional de Cordoba. Cordoba.
Revista del colegio de ingenieros de Venezuela. Caracas.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 JUIN 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **A. Lacroix** dépose sur le bureau le premier volume (1922-1923) des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences coloniales*.

Cette nouvelle Académie a été fondée à la fin de l'année 1922. Elle a pour but de « susciter, encourager, développer, coordonner les études intéressant les colonies et servir de centre de travail à la vie intellectuelle des colonies et pays de protectorat ou d'influence ».

Comprenant 80 membres actifs, des associés et correspondants nationaux (métropole et colonies) et étrangers, elle est divisée en cinq Sections : I. Géographie et Histoire; II. Politique et Administration; III. Économie politique et sociale; IV. Sciences physiques et naturelles; V. Enseignement, Littérature, Beaux-Arts, ayant chacune leur Bureau distinct en plus du Bureau de l'Académie.

Plusieurs membres et correspondants de notre Compagnie font partie de la quatrième Section. Ce premier volume comprend les statuts, les procès-verbaux des séances et des articles originaux, parmi lesquels je citerai ceux de notre confrère M. Mesnil et de notre correspondant M. Calmette.

HYDROLOGIE. — *Relation entre les variations du* P_H *des eaux sulfureuses et leurs transformations à l'air.* Note de MM. **A. Desgrez**, **H. Bierry** et **L. Lescœur**.

Nous avons montré (¹) que l'acidité ionique, placée principalement sous la dépendance du rapport $\frac{\text{alcal.}}{S + CO^3}$, permet de différencier les eaux pyré-

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2028.

néennes du type Luchon-Cauterets de certaines eaux de la région des Alpes, telles qu'Allevard, Challes, Uriage. Nous allons voir ce que deviennent ces données lorsque ces différentes eaux sont abandonnées à l'air, dans des conditions identiques :

	P_H	
	à l'origine.	après 3 jours.
Challes	7,6	8,2
Allevard	6,9	7,2
Uriage	6,9	7,5
Cauterets	9,4	8
Luchon (Pré n° 1)	8,9	7,7
» (Pré n° 2)	8,9	6,6
» (Reine)	8,7	6,7

Il y a augmentation du P_H dans le premier groupe, diminution dans le second.

Cas des eaux des Alpes. — Pour que le P_H augmente, il suffit que, dans le rapport $\frac{\text{alcal.}}{S + CO^3}$, le dénominateur diminue. Ceci se produit évidemment pour les eaux des Alpes, dans lesquelles la somme $S + CO^3$ est élevée. Dans ces conditions, le premier effet du contact avec l'air est le départ progressif d'acide carbonique et d'hydrogène sulfuré. Nous avons montré que les eaux du premier groupe contiennent, par rapport à l'hydrogène sulfuré, une très grande quantité d'acide carbonique ; elles sont plus « carboniquées » que « sulfhydriquées ». Il en résulte que leur altération est, avant tout, une perte d'acide carbonique et trouve la même explication que celle des eaux du type Vichy, dans lesquelles il est facile de noter, avec le temps, les étapes caractéristiques suivantes :

	A la source (Vichy-Hôpital).	Exposée à l'air	
		après 8 jours.	après 1 mois.
P_H	6,8	8,4	9,6
$\frac{\text{Alcal.}}{CO^3}$	$< \frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$> \frac{1}{2}$
Interprétation..	Présence de CO^2 libre.	Bicarbonate	Présence de carbonate neutre.

Cas des eaux de Luchon. — Nous avons observé, à Luchon même, que les sources qui offrent toutes un P_H élevé (Pré n° 1, 8,85 ; Pré n° 2, 8,8 ; Pré n° 3, 8,7 ; Reine, 8,7 ; Romain, 8,8 ; Ferras, 8 ; Ravi, 9,3) éprouvent à l'air, à l'inverse des eaux précédentes, dans les premières heures ou les pre-

miers jours, une chute du P_H allant souvent jusqu'aux environs de 7 et même au-dessous, pour accuser ensuite, quand on les place dans certaines conditions, une légère ascension.

On pourrait invoquer la fixation de l'acide carbonique atmosphérique pour expliquer l'augmentation de la concentration en ions H sur ces eaux primitivement très alcalines, comme, tout à l'heure, le départ de l'acide carbonique pour justifier la variation contraire dans les eaux acides, mais le phénomène se produit même à l'abri de l'acide carbonique. Les échanges gazeux ne jouent donc pas le premier rôle.

Nous avons observé, par contre, une relation étroite entre l'abaissement du P_H et le phénomène connu de l'oxydation du soufre dans les eaux minérales :

Trois litres d'eau de Luchon (Pré n° 2) ont été placés dans un flacon de 6 litres non bouché :

	Au début de l'expérience.	Après 6 heures ([1]).	Après 1 jour.	Après 4 jours.
Aspect de l'eau...	limpide	limpide	trouble	limpide
P_H..............	8,85	8,8	7,7	7,3
Alcal. en cm³ $\frac{N}{10}$..	14,8	13,6	10,2	6,2
S » »..	4,9	0,9	0	0
SO^4 » »..	9,6	8,8	13,9	18
Soufre incomplètement oxydé..	3,5	7,4	4,1	0

Après 4 jours, on observe les modifications suivantes :

1° L'alcalinité de titration a diminué de $8^{cm^3},6\ \frac{N}{10}$;

2° A cette perte d'alcalinité correspond un gain en SO^4 équivalent (aux erreurs d'analyse près) à $8^{cm^3},4\ \frac{N}{10}$, sans traces de sulfures, ni de composés correspondant à une oxydation intermédiaire.

Ainsi donc, dès le quatrième jour, la totalité du soufre existant à la source est remplacée par SO^4. Le dénominateur du rapport précédemment envisagé $\frac{\text{alcal.}}{S + CO^3}$ est devenu $SO^4 + CO^3$; il n'a pas varié quantitativement, par suite de la transformation moléculaire de S en SO^4; seul, le numérateur a diminué, ce qui explique l'abaissement du rapport. Comme conséquence le P_H est tombé de 8,85 à 7,3.

([1]) Le phénomène du blanchiment s'est produit entre les 7e et 24e heures.

Un examen plus détaillé du tableau précédent permet de suivre la marche de l'oxydation. Elle n'est pas régulière depuis l'origine; on observe, en réalité, deux phases.

La première correspond à la formation de composés incomplètement oxydés et se termine par une précipitation plus ou moins visible du soufre (blanchiment); elle est caractérisée par un P_H élevé, une alcalinité de titration à peine diminuée et une disparition rapide de S, sans apparition équivalente de SO^4.

La deuxième, corrélative de la clarification de l'eau, se traduit par une chute prononcée du P_H et aboutit finalement à la transformation intégrale de S en SO^4.

On peut, à volonté, réduire la première phase ou l'allonger. Il suffit pour cela de rendre l'oxydation plus rapide, ou, au contraire, plus ménagée.

A ce dernier point de vue, nous nous sommes demandé quelle serait l'action des antioxygènes que MM. Moureu et Dufraisse ont fait connaître il y a peu de temps. En ayant essayé plusieurs, nous avons obtenu, dans dans certains cas, un allongement sensible de la première phase.

On s'explique pourquoi l'abaissement du P_H prend, pour des temps égaux, des allures souvent différentes si les surfaces de contact avec l'air, la forme des récipients, les modes d'obturation ne sont pas exactement semblables.

Si l'on suit la marche de l'acidité ionique sur une même eau (Luchon, Pré n° 2, par exemple), mise en contact avec une quantité suffisante d'air dans deux vases, l'un bouché, l'autre communiquant avec l'atmosphère, on observe toujours une chute moins prononcée du P_H dans le flacon ouvert.

Ce fait semble paradoxal, après ce que nous avons dit sur le rôle de l'oxydation, comme producteur d'acidité; il semble, en effet, que l'acidification ne puisse être jamais inférieure, dans une atmosphère illimitée comme oxygène, à ce qu'elle est dans une atmosphère limitée.

L'explication est la suivante : au fur et à mesure que l'oxydation s'effectuant, l'acidité de l'eau augmente, l'acide carbonique préexistant dans le milieu s'échappe dans l'atmosphère, si le flacon est ouvert; il y reste maintenu en flacon fermé. La baisse du P_H due à l'oxydation est donc contrariée par une variation inverse due au départ d'acide carbonique dans le premier cas, elle ne l'est pas dans le second.

Si l'on vient, une fois l'oxydation faite, à déboucher le flacon primitivement fermé, dans lequel le P_H est, en conséquence, descendu très bas,

on peut constater, en peu de temps, une perte d'acide carbonique et une ascension du P_H. Ceci confirme l'explication que nous avons donnée ci-dessus.

En définitive, l'acide carbonique devient de moins en moins stable au fur et à mesure que l'alcalinité diminue. Il arrive un moment où, le milieu devenu acide, comme il l'est dans les eaux de Challes ou de Vichy, le même mécanisme (départ d'acide carbonique) entre en jeu et provoque le même mouvement ascensionnel du P_H que nous avons observé.

Conclusions. — Au cours de l'altération à l'air des eaux sulfureuses, on observe un abaissement du P_H pour les eaux de Luchon, une augmentation pour les eaux des Alpes que nous avons examinées. Cette différence s'explique par ce fait que l'altération de ces eaux est due à deux ordres de phénomènes (oxydation du soufre et échanges gazeux), l'un des deux pouvant être prépondérant. Le premier phénomène se manifeste principalement sur les eaux du type Luchon, le second dans celles de Challes, Uriage, Allevard. L'oxydation des eaux de Luchon, au contact de l'air, aboutit, après des étapes plus ou moins prolongées, à une chute prononcée du P_H, conséquence de la transformation intégrale des sulfures en sulfates. On conçoit combien particulière puisse être l'action thérapeutique d'une telle eau qui, introduite dans l'organisme avec un P_H supérieur à celui du sang, subit des transformations d'où résultera un P_H inférieur à celui de nos plasmas.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'anhydride acétique sur les sels métalliques hydratés. Sels acétylés.* Note (¹) de M. A. Recoura.

J'ai entrepris l'étude de l'action de l'anhydride acétique sur les sels métalliques hydratés. D'après les résultats que j'ai déjà obtenus, cette action serait la suivante. Quand on abandonne dans un flacon fermé un sel métallique hydraté, finement pulvérisé, en contact avec un grand excès d'anhydride acétique, le premier effet de l'anhydride est d'arracher au sel solide les molécules d'eau les moins solidement attachées. La déshydratation du sel peut être complète ; dans ce cas le phénomène ne va pas plus loin. Mais, le plus souvent, certaines molécules d'eau du sel, plus solidement combinées que les autres, résistent à l'action déshydratante de l'anhydride acétique et restent attachées au sel. Mais alors ces molécules d'eau, par leurs valences résiduelles, fixent des molécules d'anhydride et l'on

(¹) Séance du 23 juin 1924.

obtient un composé triple, formé de sel anhydre, d'eau et d'anhydride acétique. Ce sont ces composés, dans lesquels des molécules d'anhydride acétique prennent la place de molécules d'eau disparues, que j'appelle des *sels acétylés*. Je vais faire connaître quelques-uns des résultats que j'ai déjà obtenus.

Sulfate de cuivre acétylé. $CuSO^4, H^2O, [(C^2H^3O)^2O]$. — On met en contact dans un flacon fermé le sel $CuSO^4, 5H^2O$, en poudre très fine, avec un grand excès d'anhydride acétique (20 molécules d'anhydride pour une molécule de sel). On a soin d'agiter constamment pendant la première heure, parce que la réaction détermine une assez forte élévation de température. Si l'on n'agitait pas, l'élévation de température, localisée au voisinage du sel, serait beaucoup trop forte et déterminerait une déshydratation trop complète du sulfate, qui empêcherait son union avec l'anhydride. Le sel bleu pâlit rapidement et, au bout de quelques heures, il est complètement blanc. On laisse le solide en contact avec le liquide pendant quelques jours. Puis on essore aussi rapidement que possible le sel, on l'étend en couche mince sur une plaque de porcelaine poreuse, que l'on enferme dans un dessiccateur contenant de l'anhydride acétique. C'est un produit blanc, très légèrement bleuâtre. Le composé étant très fragile, se détruisant rapidement au contact de l'air et n'étant stable que dans une atmosphère d'anhydride acétique, il ne faut ouvrir le dessiccateur où on le conserve qu'au moment d'en faire l'analyse.

En faisant l'analyse d'échantillons *différents* conservés dans le dessiccateur pendant des temps croissants, on constate que la forme stable du composé dans une atmosphère d'anhydride acétique est: $CuSO^4, H^2O, [(C^2H^3O)^2O]$ (1). Pendant les premiers jours le produit est plus riche en anhydride, mais cette combinaison n'est pas stable dans ces conditions, elle perd de l'anhydride dans l'atmosphère du dessiccateur et, au bout de quelques jours, elle atteint la composition que je viens d'indiquer. L'équilibre est alors établi et se maintient. J'ai analysé des échantillons âgés d'un an. Le produit qui, exposé à l'air quelques instants, a perdu de l'anhydride, replacé dans une atmosphère d'anhydride, se recombine avec lui pour former le composé normal. Mais la recombinaison est très lente.

Le composé, renfermant une molécule d'anhydride et une molécule d'eau, c'est-à-dire les éléments de deux molécules d'acide acétique, on peut se demander si ces éléments sont combinés à l'état d'acide acétique. Les

(1) Trouvé pour 1^{mol} $CuSO^4$: $1^{mol},08$ H^2O et $1^{mol},02$ anhydride.

faits suivants montrent qu'il n'en est rien. Si, en effet, on place le produit dans un dessiccateur contenant de la chaux vive et si on le conserve jusqu'à ce qu'il ait acquis un poids constant, on constate qu'il a perdu la totalité de l'anhydride et qu'il a conservé la totalité de l'eau qu'il contenait.

Le produit est donc une combinaison d'une molécule $CuSO^4, H^2O$ avec une molécule d'anhydride. La molécule d'anhydride est fixée sur la molécule saline, faiblement d'ailleurs, par les valences résiduelles de la molécule d'eau. On peut en effet montrer d'une façon frappante l'influence de l'eau sur la fixation de l'anhydride. J'ai constaté que le sulfate anhydre ne se combine pas avec l'anhydride. Ayant laissé du sulfate de cuivre déshydraté par la chaleur en contact avec l'anhydride pendant vingt jours, le produit, analysé alors, avait la composition $CuSO^4$, 0,1 H^2O, 0,05 $[(C^2H^3O)^2O]$.

Le sulfate de cuivre ne peut donc fixer de l'anhydride que dans la mesure où il contient de l'eau.

En résumé, l'action de l'anhydride acétique sur le sulfate de cuivre hydraté $CuSO^4, 5H^2O$ est la suivante. Le premier effet de l'anhydride est d'arracher quatre molécules d'eau faiblement fixées sur la molécule saline (on sait qu'elles partent à moins de 100°). La cinquième molécule, plus solidement fixée (il faut une température de 200° pour la détacher), résiste à l'action de l'anhydride et reste attachée au sulfate de cuivre. Mais, par suite de ses valences résiduelles, elle détermine la fixation sur la molécule saline d'une molécule d'anhydride.

Sulfate de nickel acétylé. $NiSO^4, H^2O, 2[(C^2H^3O)^2O]$. — J'ai rencontré dans l'action de l'anhydride acétique sur le sulfate de nickel des résultats analogues à ceux donnés par le sulfate de cuivre. Pourtant la composition du produit obtenu et ses propriétés sont différentes. Le mode opératoire a été le même que pour le sulfate de cuivre. La réaction est beaucoup moins rapide et, par suite, le dégagement de chaleur moins sensible. Le sel, qui est vert, vire peu à peu au jaune citron, qui est la couleur du sulfate anhydre. Ce changement de couleur manifeste l'arrachement progressif des molécules d'eau du sel. Il faut plusieurs jours pour arriver à ce résultat. Le produit, rapidement essoré, étendu en couche mince sur une plaque de porcelaine poreuse, est conservé dans une atmosphère d'anhydride. Il est jaune citron. Il a la composition $NiSO^4, H^2O, 2[(C^2H^3O)^2O]$ (1). Il est parfaitement stable dans ces conditions.

Placé dans un dessiccateur contenant de la chaux vive et conservé jusqu'à

(1) Trouvé pour 1^{mol} $NiSO^4$: $1^{mol},07$ H^2O et $2^{mol},02$ anhydride.

ce qu'il ait acquis un poids constant, il perd une molécule d'anhydride. La deuxième molécule reste fixée sur le sel ainsi que la molécule d'eau. Il a alors la composition $NiSO^4, H^2O.[(C^2H^3O)^2O]$. Ce composé est donc plus stable que le composé correspondant du cuivre, qui se détruit dans ces conditions. Placé dans l'air libre, il perd très rapidement sa deuxième molécule d'anhydride et se transforme en $NiSO^4, 6H^2O$. La perte de la deuxième molécule d'anhydride est donc due à l'action de la vapeur d'eau atmosphérique. Le produit, partiellement désacétylé, puis replacé dans une atmosphère d'anhydride acétique, fixe à nouveau l'anhydride perdu, mais avec une grande lenteur. J'ai constaté, comme pour le sulfate de cuivre, que le sel anhydre ne se combine pas avec l'anhydride acétique, ou ne fixe que la quantité d'anhydride correspondant à la petite quantité d'eau qui a échappé à la déshydratation du sel.

En résumé, le sulfate de nickel donne un produit deux fois plus riche en anhydride que le sulfate de cuivre et le produit est moins fragile.

Sulfate de magnésium acétylé $MgSO^4.1,3H^2O.2[(C^2H^3O)^2O]$. — L'action de l'anhydride acétique sur le sulfate de magnésium $MgSO^4.7H^2O$ donne des résultats tout à fait comparables à ceux que donne le sulfate de nickel. La composition du sulfate acétylé est la même et il est stable dans les mêmes conditions. La seule différence est que le sulfate de magnésium retient l'eau plus énergiquement que le sulfate de nickel et que, par suite, la déshydratation est plus lente et la réaction n'est terminée qu'au bout d'un temps beaucoup plus long. J'ai constaté que de l'anhydride acétique impur, renfermant une trace de chlorure d'acétyle, agit plus rapidement que l'anhydride pur. J'ai fait la même constatation pour $CuSO^4$.

Le produit, conservé dans une atmosphère d'anhydride, jusqu'à ce que l'équilibre soit établi, a la composition $MgSO^4.1,3H^2O.2[(C^2H^3O)^2O]$ (¹). On remarquera que la déshydratation du sulfate de magnésium est moins avancée que celle des sulfates de nickel et de cuivre, qui, au contact de l'anhydride acétique, ne retiennent qu'une molécule d'eau, tandis qu'il en retient 1,3. C'est que la sixième molécule d'eau du sulfate $MgSO^4.7H^2O$ est plus difficile à expulser que les cinq premières. J'ai constaté, en effet, qu'à la température de 120°, cette sixième molécule d'eau ne s'en va que partiellement et que le sulfate conserve plus d'une molécule d'eau. Le sulfate de magnésium hydraté se comporte donc vis-à-vis de l'action déshydratante de l'anhydride acétiqee, de la même façon que vis-à-vis de

(¹) Trouvé pour 1^{mol} $MgSO^4$: $1^{mol},3H^2O$ et $2^{mol},01$ anhydride

l'action déshydratante d'une température de 120°. J'ai constaté d'ailleurs que cette richesse en eau du sulfate de magnésium acétylé est la même quelle que soit la durée du contact entre le sulfate et l'anhydride (2 mois et 15 mois de contact). La présence de cette quantité d'eau plus grande dans le sulfate de magnésium acétylé a pour effet de le rendre plus stable que le sel de nickel. Ainsi on constate que le composé qui, au début, renferme $2^{mol},3$ d'anhydride, conservé dans une atmosphère d'anhydride, n'arrive à la forme stable, qui ne retient que 2^{mol}, qu'après un séjour prolongé dans cette atmosphère.

Par ailleurs, le sel de magnésium se comporte comme celui de nickel, c'est-à-dire que, conservé dans une atmosphère sèche (en présence de la chaux), il abandonne une des 2^{mol} d'anhydride et conserve l'autre, ainsi que l'eau. Conservé à l'air libre, sous l'influence de la vapeur d'eau atmosphérique, il perd la deuxième molécule d'anhydride et se convertit en sulfate de magnésium hydraté. Partiellement désacétylé, puis replacé dans une atmosphère d'anhydride, il fixe à nouveau l'anhydride perdu, mais très lentement.

Je ferai connaître prochainement les résultats que j'ai obtenus avec d'autres sels métalliques.

ÉLECTIONS.

A l'unanimité des 40 suffrages exprimés, MM. **D. Berthelot** et **H. Le Chatelier** sont réélus membres du Conseil de la *Fondation Loutreuil*.

NOMINATIONS.

MM. **E.-L. Bouvier**, **L. Mangin**, **E. Borel** sont désignés pour représenter l'Académie, le dimanche 3 août, à l'inauguration du monument élevé par les Aveyronnais à *J.-Henri Fabre*, dans son village natal, à Saint-Léons.

CORRESPONDANCE.

M. **Giovanni Battista De Toni**, élu Correspondant pour la Section de Botanique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° A. Gruvel. *L'industrie des pêches au Maroc, son état actuel, son avenir*. (Présenté par M. L. Joubin.)

2° A. Boutaric. *Précis de Physique d'après les théories modernes*. (Présenté par M. D. Berthelot.)

3° Louis Roule. *Buffon et la description de la nature*. (Présenté par M. L. Mangin.)

4° Œuvres de Pasteur réunies par Pasteur-Vallery-Radot. Tome III : *Études sur le vinaigre et sur le vin*. (Présenté par M. E. Roux.)

5° Observatoire Jarry-Desloges, Sétif. *Observations des surfaces planétaires. Mars — Saturne — La Lune — Vénus — Mercure — Jupiter — Ganymède — Uranus*. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

M. **Georges Claude** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante par le décès de M. *H. de Chardonnet*, dans la Division des Applications de la science à l'industrie.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Sur les variétés algébriques à trois dimensions dont les genres satisfont à l'inégalité* $P_g \leqq 3(p_g - p_a - 3)$. Note de M. **Alfred Rosenblatt**.

Envisageons une variété algébrique V_3 dont les genres : P_g, genre géométrique ; p_g, p_a, genres géométrique et arithmétique d'une surface générale de la variété satisfont à l'inégalité

$$P_g \geqq 3(p_g - p_a - 3). \tag{1}$$

D'après un résultat connu de M. Annibale Comessatti [1], ces variétés possèdent ou des faisceaux irrationnels (de genre $\geqq 2$) de surfaces algébriques ou bien des congruences irrégulières (de genre $\geqq 3$) de courbes algébriques. Nous supposerons que la seconde circonstance *n'a pas lieu*.

Envisageons le système linéaire $\sum_{i=0}^{r} \lambda_i u_i$ d'intégrales de première espèce

[1] *Sulle varietà algebriche che posseggono integrali semplici funzionalmente dipendenti* (*Atti della R. Accademia dei Lincei, Rendiconti*, vol. 22, 1913, p. 270).

de M. Picard de la variété $V_3(r+1=p_g-p_a)$ et la matrice M

$$(2) \qquad M=\left|\frac{\partial u_i}{\partial x_j}\right| \qquad (i=0, \ldots, k; j=0, 1, 2)$$

correspondante. Désignons par $X_{i,j,k}$ les mineurs de troisième ordre de la matrice M, c'est-à-dire les coordonnées grassmanniennes des plans de l'espace S_r qui correspondent aux matrices M. Le système W de ces plans satisfait à

$$(3) \qquad \delta \geqq \binom{r+1}{3}-3(r-2)$$

équations linéaires de complexes

$$(4) \qquad \sum_{i<j<k}^{r} a_{ijk}^{\nu} X_{ijk}=0 \qquad (\nu=1, \ldots, \delta).$$

Si l'on a dans (1) le signe d'*inégalité*, ou bien si l'on a le signe d'*égalité*, mais si l'espace linéaire $S_{\delta-1}$ qui représente les équations (4) *touche* la variété $V_{3(\rho-2)}$ de Grassmann qui représente les plans de l'espace S_r, alors le système W possède deux espaces S_{r-3} directeurs infiniment voisins. Il résulte alors d'une application d'un théorème bien connu de M. de Franchis ([1]) en suivant un raisonnement de M. Comessati ([2]) que le système W possède un espace S_{r-t-1} directeur où l'on a $t=3$, 4 ou 5.

Le système W satisfait donc à au moins

$$(5) \qquad m=\left[(r-t)\frac{t+3}{2}-3\right](t-2)$$

équations linéairement indépendantes

$$(6) \qquad \left\{ \begin{array}{c} \Sigma a_{ijk}^{\nu} X_{ijk}=0 \\ (\nu=1, \ldots, m; 0 \leqq i, j \leqq t; t \leqq k \leqq r; i<j<k). \end{array} \right.$$

En imitant un raisonnement élégant de M. Comessati, utilisons les relations

$$(7) \qquad u_i=\varphi_i(u_0, u_1) \qquad (i=0, \ldots, t)$$

([1]) *Alcune osservazioni sulle superficie irregolari* (*Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, t. 36, 1913, p. 223).

([2]) *Intorno alle superficie algebriche irregolari con* $p_g \geqq 2(p_a+2)$ *e ad un problema analitico ad esse collegato* (*Ibid.*, t. 46, 1922, p. 1).

entre les $t+1$ intégrales de M. Picard u_i $(i=0, \ldots, t)$ de la congruence $\{C\}$ de courbes qui existe sur la variété V_3. Nous obtenons le résultat que la congruence $\{C\}$ possède en outre les m intégrales

$$(8) \qquad V_\nu = \Sigma a^\nu_{ijk} \frac{D(\varphi_i \varphi_j)}{D(u_0, u_1)} u_k \qquad (\nu = 1, \ldots, m;\ 0 \leq i, j \leq t;\ t_0 \leq k \leq r;\ i < j < k).$$

Ces intégrales ne sont pas toutes identiquement nulles, pourvu que le nombre m satisfasse à l'inégalité

$$m > (r-t)\frac{(t-1)(t-2)}{2}.$$

En effet, dans le cas contraire, il y aurait au moins deux combinaisons linéaires

$$\sum_{i=0}^{t} \lambda_i u_i \quad \text{et} \quad \sum_{i=0}^{t} \mu_i u_i$$

d'intégrales de la congruence qui seraient dépendantes et non identiquement nulles.

Donc pourvu que la condition

$$(9) \qquad [2(r-t)-3](t-2) > 0$$

soit remplie, il y a une $t+2^e$ intégrale de M. Picard de la congruence $\{C\}$ indépendante linéairement des intégrales u_i, $(i=0, \ldots, t)$.

Le procédé peut être poursuivi jusqu'à $t=r-2$ et donne r intégrales de M. Picard de la congruence.

Si la congruence avait exactement r intégrales, il y aurait, sur la variété V_3, d'après un théorème célèbre de Picard-Poincaré, une intégrale elliptique, donc un faisceau elliptique de surfaces.

Nous parvenons ainsi au théorème suivant :

Théorème. — Une variété algébrique à trois dimensions qui ne contient pas de faisceaux irréguliers de surfaces et dont les genres satisfont à l'inégalité (1) contient une congruence irrégulière de courbes algébriques d'*irrégularité* $p_g - p_a$, si l'on a dans (1) le signe d'*inégalité*, ou bien si dans le cas du signe d'*égalité* elle possède deux congruences (d'irrégularité ≥ 3) infiniment voisines.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'élimination des paramètres dans la méthode des caractéristiques de Cauchy pour l'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre.* Note de M. **R.-H. Germay.**

Nous avons montré [1] comment on peut calculer, par approximations successives, l'intégrale de Cauchy, se réduisant pour $x_1 = x_1^0$ à $\chi(x_2, \ldots, x_n)$, d'une équation aux dérivées partielles du premier ordre

$$(1) \qquad p_1 = f(x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n),$$

ainsi que d'ailleurs les dérivées partielles d'ordre quelconque de cette intégrale. On peut former des équations qui définissent z et ses dérivées $p_2, \ldots, p_n$ comme fonctions implicites de $x_1, x_2, \ldots, x_n$. Soient

$$(2) \qquad \begin{cases} x_j = \overline{xj}_\infty(x_1, x_1^0, x_2^0, \ldots, x_n^0, z^0, p_2^0, \ldots, p_n^0) \\ z = z_\infty(x_1, x_1^0, x_2^0, \ldots, x_n^0, z^0, p_2^0, \ldots, p_n^0) \\ p_j = \overline{pj}_\infty(x_1, x_1^0, x_2^0, \ldots, x_n^0, z^0, p_2^0, \ldots, p_n^0) \end{cases} \qquad (j = 2, \ldots, n)$$

les intégrales du système différentiel (2) de la Note ci-dessus rappelée et

$$\overline{xj}_{\mu+1}(x_1, x_1^0, x_2^0, \ldots, x_n^0, z^0, p_2^0, \ldots p_n^0),$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

leurs approximations successives données par les formules récurrentes (6) de la même Note. Les $\overline{xj}_\mu$, z_μ, $\overline{pj}_\mu$ tendent uniformément par rapport à x_1, $x_2^0, \ldots, x_n^0, z^0, p_2^0, \ldots, p_n^0$ vers les $\overline{xj}_\infty$, z_∞, $\overline{pj}_\infty$ quand $\mu \to \infty$. La fonction f étant analytique régulière, nous pouvons écrire, dans le domaine de $x_1^0, \ldots, p_n^0$, en formules équivalentes aux formules (2) :

$$(3) \qquad \begin{cases} x_j^0 = \overline{xj}_\infty(x_1^0, x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n) \\ z^0 = z_\infty(x_1^0, x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n) \\ p_j^0 = \overline{pj}_\infty(x_1^0, x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n) \end{cases} \qquad (j = 2, \ldots, n).$$

Ainsi $z, p_2, \ldots, p_n$ s'obtiennent en éliminant $t_1, \ldots, t_{n-1}$ entre les équations

$$(4) \qquad \begin{cases} t_{j-1} = \overline{xj}_\infty(x_1^0, x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n) \\ \chi(t_1, \ldots, t_{n-1}) = z_\infty(x_1^0, x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n) \\ \dfrac{\partial \chi}{\partial t_{j-1}}(t_1, \ldots, t_{n-1}) = \overline{pj}_\infty(x_1^0, x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n) \end{cases} \qquad (j = 2, \ldots, n).$$

[1] *Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 685.

En d'autres termes, $z, p_2, \ldots, p_n$ satisfont aux équations

$$(5)\quad \begin{cases} z_\infty(x_1^0, x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n) - \chi\ [x\overline{2}_\infty(x_1^0, x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n), \ldots] = 0, \\ p\overline{j}_\infty(x_1^0, x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n) - \dfrac{\partial\chi}{\partial x_j}[x\overline{2}_\infty(x_1^0, x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n), \ldots] = 0 \\ \qquad (j = 2, \ldots, n). \end{cases}$$

Ces équations sont vérifiées par les valeurs initiales

$$x_1 = x_1^0, \quad x_2 = x_2, \quad \ldots, \quad x_n = x_n, \quad z = \chi(x_2, \ldots, x_n),$$
$$p_2 = \frac{\partial\chi}{\partial x_2}, \quad \ldots, \quad p_n = \frac{\partial\chi}{\partial x_n}$$

et leur jacobien par rapport à $z, p_2, \ldots, p_n$ se réduit à 1 pour $x_1 = x_1^0$.

Considérons les systèmes d'équations

$$(6)\quad \begin{cases} z_\mu(x_1^0, x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n) - \chi\ [x\overline{2}_\mu(x_1^0, x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n), \ldots] = 0, \\ p\overline{j}_\mu(x_1^0, x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n) - \dfrac{\partial\chi}{\partial x_j}[x\overline{2}_\mu(x_1^0, x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n), \ldots] = 0 \\ \qquad (j = 2, \ldots, n;\ \mu = 1, 2, \ldots). \end{cases}$$

Les premiers membres des équations (6) tendent uniformément vers ceux des équations (5) quand $\mu \to \infty$. Elles sont vérifiées par les mêmes valeurs initiales que les équations (5) et leur jacobien par rapport à $z, p_2, \ldots, p_n$ est égal à l'unité en $x_1 = x_1^0$.

Désignons par $\Omega_{1\mu}, \Omega_{2\mu}, \ldots, \Omega_{n\mu}$ les premiers membres des équations (6). L'intégrale z et ses dérivées premières $p_2, \ldots, p_n$ sont les limites respectives, pour $\mu \to \infty$, des suites uniformément convergentes

$$(7)\quad \xi_0, \xi_1, \ldots, \xi_\mu, \xi_{\mu+1}, \ldots; \qquad \varpi\overline{j}_0, \varpi\overline{j}_1, \ldots, \varpi\overline{j}_\mu, \varpi\overline{j}_{\mu+1}, \ldots \qquad (j = 2, \ldots, n)$$

dont les termes se définissent de proche en proche par les formules récurrentes

$$(8)\quad \begin{cases} \xi_{\mu+1} = \xi_\mu - \Omega_{1,\mu+1}(x_1, x_2, \ldots, x_n, \xi_\mu, \varpi\overline{2}_\mu, \ldots, \varpi\overline{n}_\mu) \\ \varpi\overline{j}_{\mu+1} = \varpi\overline{j}_\mu - \Omega_{j,\mu+1}(x_1, x_2, \ldots, x_n, \xi_\mu, \varpi\overline{2}_\mu, \ldots, \varpi\overline{n}_\mu) \end{cases} \qquad (j = 2, \ldots, n)$$

moyennant les valeurs initiales $\xi_0 = \chi$, $\varpi\overline{j}_0 = \dfrac{\partial\chi}{\partial x_j}$.

On a des approximations de la dérivée de z par rapport à x_1 par la formule

$$(9)\quad \varpi\overline{1}_\mu = f(x_1, x_2, \ldots, x_n, \xi_\mu, \varpi\overline{2}_\mu, \ldots, \varpi\overline{n}_\mu).$$

On obtient des approximations des dérivées d'ordre supérieur de z par dérivation des $(n-1)$ dernières formules (8) et de la formule (9).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur deux formules applicables au calcul numérique des intégrales.* Note de M. **Georges Giraud**.

1. Soit $P_m(x)$ le polynome de Legendre d'ordre m; soient $x_0, x_1, x_2, \ldots, x_m$ les racines de $P_{m+1}(x) - P_{m-1}(x)$, qui sont réelles et distinctes, rangées par ordre de grandeurs croissantes, de sorte que $x_0 = -1$, $x_m = 1$. Soit encore

$$2\mu_k = \int_{-1}^{+1} \frac{P_{m+1}(x) - P_{m-1}(x)}{(2m+1)P_m(x_k)(x - x_k)} dx \qquad (k = 0, 1, 2, \ldots, m).$$

Définissons les constantes rationnelles et positives $B_{m,n}$ par le développement

$$\frac{2h \sum_k \mu_k e^{x_k h}}{e^h - e^{-h}} = 1 + \sum_{n=m}^{n=\infty} (-1)^{n-m} \frac{B_{m,n}}{(2n)!} (2h)^{2n}.$$

Enfin posons, p étant au moins égal à $2m - 1$,

$$\psi_{m,p}(\alpha) = \frac{(1-\alpha)^{p+1}}{(p+1)!} - 2 \sum_{x_k > \alpha} \mu_k \frac{(x_k - \alpha)^p}{p!}$$
$$+ \sum_{m \leq n \leq \frac{p}{2}} (-1)^{n-m} 2^{2n} \frac{B_{m,n}}{(2n)!\,(p - 2n + 1)!} (1-\alpha)^{p-2n+1},$$

la dernière somme disparaissant si $p = 2m - 1$.

Si $F(x)$ est une fonction quelconque, continue, ainsi que ses dérivées jusqu'à l'ordre $2p + 2$ $(p \geq m - 1)$, dans l'intervalle $(a, a+h)$, on a la formule

$$\int_a^{a+h} F(x)\, dx = h \sum_k \mu_k F\left(a + \frac{1 + x_k}{2} h\right)$$
$$+ \sum_{n=m}^{n=p} (-1)^{n-m+1} h^{2n} \frac{B_{m,n}}{(2n)!} [F^{(2n-1)}(a+h) - F^{(2n-1)}(a)]$$
$$+ \left(\frac{h}{2}\right)^{2p+3} \int_{-1}^{+1} F^{(2p+2)}\left(a + \frac{1+\alpha}{2} h\right) \psi_{m,2p+1}(\alpha)\, d\alpha,$$

dont le dernier terme, ou terme complémentaire, peut aussi s'écrire

$$\left(\frac{h}{2}\right)^{2p+2} \int_{-1}^{+1} F^{(2p+1)}\left(a + \frac{1+\alpha}{2} h\right) \psi_{m,2p}(\alpha)\, d\alpha.$$

Cette formule est très analogue à la *formule sommatoire* d'Euler et de Mac-Laurin, à laquelle elle se réduit pour $m = 1$. Les fonctions $\psi_{m,p}(\alpha)$ ont des propriétés, analogues à celles des polynomes de Bernoulli, qui permettent d'écrire encore le terme complémentaire sous la forme

$$(-1)^{p-m} \frac{B_{m,p+1}}{(2p+2)!} h^{2p+3} + F^{(2p+2)}(a+\theta h) \qquad (0 < \theta < 1).$$

Le coefficient $B_{m,m}$ a pour valeur générale

$$B_{m,m} = \frac{(m!)^4}{[(2m)!]^2} \frac{m+1}{(2m+1)m}.$$

Cette formule peut s'employer comme la formule sommatoire. Quand m est regardé comme fixe, et p comme croissant indéfiniment, $B_{m,p}$ équivaut à

$$(2p)! \frac{(-1)^m 2 \Sigma_k \mu_k \cos(\pi x_k)}{(2\pi)^{2p}}.$$

On démontre d'ailleurs que $2\Sigma_k \mu_k \cos(\pi x_k)$ n'est pas nul, et est inférieur en valeur absolue à

$$\frac{2 B_{m,m}}{(2m)!} (2\pi)^{2m}.$$

2. Soient maintenant $x_1, x_2, \ldots, x_m$ les racines de $P_m(x)$, rangées par ordre de grandeurs croissantes, et soit

$$2\mu_k = \int_{-1}^{+1} \frac{P_m(x)}{P'_m(x_k)(x - x_k)} dx.$$

Nous définissons des constantes rationnelles et positives $C_{m,n}$ par le développement

$$\frac{2h \Sigma_k \mu_k e^{x_k h}}{e^h - e^{-h}} = 1 + \sum_{n=m}^{n=\infty} (-1)^{n-m+1} \frac{C_{m,n}}{(2n)!} (2h)^{2n}.$$

La fonction $\psi_{m,p}(\alpha)$ se définit comme plus haut, en remplaçant $B_{m,n}$ par $-C_{m,n}$, et x_k et μ_k ayant le nouveau sens.

Alors on a, pour l'intégrale d'une fonction quelconque, une expression se déduisant de la précédente en y remplaçant $B_{m,n}$ par $C_{m,n}$, les autres lettres ayant le nouveau sens. Du reste

$$C_{m,m} = \frac{(m!)^4}{[(2m)!]^2} \frac{1}{2m+1},$$

et ce qu'on a dit pour les valeurs approchées des $B_{m,n}$ peut se répéter pour les $C_{m,n}$.

Ces formules, qui comprennent comme cas particuliers les méthodes des trapèzes, de Poncelet, de Simpson et de Gauss et la formule sommatoire, peuvent s'employer au calcul numérique dès qu'on a calculé les valeurs des x_k et des μ_k, ainsi que celles des $B_{m,n}$ ou des $C_{m,n}$. Toutefois il n'y a pas lieu, pour $m > 1$, de pousser ce dernier calcul jusqu'à des valeurs très élevées de n, car, si l'on ne recule pas devant le calcul d'un certain nombre de dérivées de $F(x)$, le cas de $m = 1$ (formule sommatoire appliquée à la méthode des trapèzes ou à celle de Poncelet) donne une convergence plus rapide que les autres cas, et même que toute méthode analogue, pour un même nombre de divisions de l'intervalle d'intégration.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les polynomes de Tchebycheff.* Note de M. **Jacques Chokhate**, présentée par M. Appell.

1. Désignons, d'une manière générale, par

$$\varphi_n(p;\, x) = a_n(p)x^n + \ldots \quad (n = 0,\ 1,\ 2,\ \ldots;\ a_n(p) > 0)$$

une suite orthogonale et normale des polynomes de Tchebycheff correspondant à l'intervalle (a, b), avec la fonction caractéristique $p(x)$ intégrable et non négative dans (a, b). Ayant donné dans (a, b) deux fonctions caractéristiques $p(x)$ et $q(x)$, nous pouvons établir la formule suivante :

$$(1)\qquad \begin{cases} |\varphi_n(p;\, x) - \varphi_n(q;\, x)| < \tau\sqrt{\left(\dfrac{q-p}{q}\right)_{\max} K_n(p;\, x)}, \\ K_n(p;\, x) = \displaystyle\sum_0^n{}_i\, \varphi_i^2(p;\, x), \end{cases}$$

τ désignant toujours une quantité fixe ne dépendant ni de x, ni de n.

Donc, *si $q(x)$ contenant un paramètre α tend pour $\alpha \to \alpha_0$ vers $p(x)$ uniformément dans un certain intervalle fini (c, d) et si $p(x) \geqq p_{\min} > 0$ dans (a, b); alors $\varphi_n(q;\, x) \to \varphi_n(p;\, x)$ uniformément dans (c, d).*

2. Supposons l'existence d'un intervalle fini (c, d) tel que

(2) $p(x)$ est continue et positive pour $c \leqq x \leqq d$, $a \leqq c < d \leqq b$.

Désignons par $E_m(p)$ la meilleure approximation de $p(x)$ dans (c, d) par le polynome $T_m(p;\, x)$ de degré m suffisamment grand. On déduit de (1) :

$$(3)\qquad \begin{cases} |\varphi_n(p;\, x) - \varphi_n(q;\, x)| < \tau\sqrt{E_m(p)\, K_n(p;\, x)}, \\ q(x) \equiv T_m(p;\, x) \text{ dans } (c, d);\ g(x) \equiv p(x) \text{ dans } (a, c) \text{ et } (d, b). \end{cases}$$

3. Soit (a, b) *fini*. Supposons que $p(x)$, vérifiant (2), vérifie aussi les conditions (*) de ma Note précédente (1). On déduit de (3) :

$$(4) \qquad |\varphi_n(p;\xi)| < \tau\left[\sqrt{m} + \sqrt{n\mathrm{E}_m(p)}\right], \qquad c+\varepsilon \leqq \xi \leqq d-\varepsilon,$$

$\varepsilon > 0$ arbitrairement petit. Voici quelques applications de (4) :

1° $c+\varepsilon \leqq \xi \leqq d-\varepsilon$:

$$(5) \qquad \varphi_n(p;\xi) = o\left(n^{\frac{1}{2}}\right) \quad \text{[sous la seule condition (2)]};$$

$$(6) \quad \begin{cases} |p^{(x)}(x_1) - p^{(x)}(x_2)| < \lambda |y_1 - x_2|^{\alpha}, & [c \leqq x_1,\ x_2 \leqq d;\ p^{(0)}(x) \equiv p(x)], \\ \varphi_n(p;z) = o\left(n^{\frac{1}{2(1+\mathrm{K}+\alpha)}}\right) \ (^2); \end{cases}$$

$$(7) \quad \begin{cases} p(x) \text{ admet les dérivées de tous les ordres dans } (c, d), \\ \varphi_n(p;\xi) = o(n^{\sigma}),\ \sigma > 0 \text{ arbitrairement petit}, \\ [\varphi_n(p;\xi) = o(1),\ p(x) - \text{polynome};\ p(\xi) \neq 0]. \end{cases}$$

2° $a = c \leqq \xi \leqq d = b$. — On augmente les exposants dans (5-7) de $\frac{1}{2}$. Les formules précédentes permettent dans plusieurs cas de déterminer la convergence et l'ordre (par rapport à n) du reste du développement d'une fonction continue en série procédant suivant les polynomes de Tchebycheff.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Classification des fractions continues nouvelles attachées à une opération* R(z) *à une unité près par excès.* Note de M. **Armand Cahen**, présentée par M. P. Appell.

Soit R(z) transcendante ou non, mais identique à une fraction rationnelle croissante R(n) pour toute valeur entière n de z. Nous avons vu (3) que l'on passe d'un quotient complet x compris entre R($n-1$) et R(n), au quotient suivant y, en remplaçant x par $[\mathrm{R}(n) - \mathrm{R}(n-1)] : y$. Rappelons aussi la notation

$$\mathrm{R}(a) \dot{+} \frac{\mathrm{R}(a) - \mathrm{R}(a-1)}{-\mathrm{R}(b)} \dot{+} \ldots \dot{+} \frac{\mathrm{R}(h) - \mathrm{R}(h-1)}{-\mathrm{R}(l)} \equiv [a, b, \ldots, h, l](\mathrm{R}).$$

(1) *Sur le développement de l'intégrale* $\int_a^b \frac{p(y)}{x-y}dy$ *en fraction continue* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 395).

(2) V.-G. Szegö, *Ueber den asymptotischen Ausdruck der Polynome* (*Mathematische Annalen*, Bd 86, 1-2 Heft, 1922, p. 139).

(3) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 934.

Supposons qu'il existe un entier α, que par translation $(z, z \pm k)$ on peut supposer égal à 1, et tel que $R(1) = 1$. Si $R(2) \leqq 2$, seuls tous les nombres rationnels ont un développement *limité*, *certains* nombres du second degré ont un développement périodique. Dans tous les cas les développements coïncident avec le nombre générateur. Ainsi $\Gamma(z)$ désignant la fonction eulérienne, si $R(z) = \Gamma(z)$, $3 + \sqrt{3}$ a pour développement $[\overline{3}]$; $\sqrt{3}$ est périodique mixte avec 18 termes à la période, tandis que $\sqrt{2}$ et $\sqrt{5}$ sont dénués de période

$$\sqrt{3} = (2, 3, 2, 2, \overline{3, 3, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 3}).$$

Soit $R(2) > 2$. Sauf pour *certains* nombres rationnels, les développements sont illimités et diffèrent généralement du nombre générateur. Pour les nombres rationnels la période est $[\overline{2}]$; à chacun d'eux correspond un segment AB qui l'entoure, équidéveloppable (sauf pour l'extrémité A) et dont le développement correspond à l'extrémité B. Cela a lieu par exemple pour z^2, z^k, $2z^2 - 1$, $\Gamma(2z - 1)$.

Soient encore la fonction exponentielle a^{z-1} et le nombre $a - 1 + \frac{1}{a^n}$. Son développement $[a, a, \ldots, a, a^2, \overline{a}]$ est périodique et comprend $n + 2$ termes irréguliers; $a - 1 + \frac{1}{a^n}$ appartient aux nombres N de la suite

$$a - 1 + \frac{a-2}{(a-1)^{n+1} - 1} < N \leqq a - 1 + \frac{1}{a^n - a^{n-1} + 1} = [a, a, \ldots, a, a^2, \overline{a}]$$

dont le plus grand seul coïncide avec son développement.

Par exemple, dans le système décimal 10^{z-1}, $9 + \frac{1}{10^n}$ appartient à la suite

$$9 + \frac{1}{9^{n+1} + 9^n + \ldots + 9 + 1} < N \leqq 9 + \frac{1}{100 \times 9^{n-2} + 9^{n-3} + 9^{n-4} + \ldots + 9^n + 9 + 1}$$

$$[\underset{1}{10}, \underset{2}{10}, \ldots, \underset{n+1}{10}, 90] < N \leqq [\underset{1}{10}, \underset{2}{10}, \ldots, \underset{n+1}{10}, 100, \overline{10}].$$

Si $n = 5$, ces nombres, parmi lesquels 9,00001, sont compris dans la formule

$$N = \frac{5380840 + 47351384 0\theta}{597871{}^{*} + 526125 68\theta} \qquad (\theta < \theta \leqq 1).$$

Cas général. — Soit $[\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n]$ la *période de rationalité*, commune à tous les nombres rationnels illimités. La fonction $R(z)$ est dite mono, deutéro, tri, tétrapériodique suivant que $n = 1, 2, 3, 4 \ldots$; $\alpha_1 \alpha_2 \ldots \alpha_n$ sont

les *modules* de périodicité. Si deux fonctions $R(z)$ et $S(z)$ ont le même nombre de modules, elles sont *homopériodiques*. Si en même temps les modules sont égaux, elles sont *isopériodiques*. Si de plus les parties principales sont égales $R(\alpha_i) = S(\alpha_i)$, les fonctions sont *équivalentes*.

Ainsi $\Gamma(2z - 1)$ et $5\Gamma(z) - 4$ sont monopériodiques et équivalentes. Il en est de même quel que soit l'entier λ des fonctions

$$\lambda z^2 + (a + 1 - 3\lambda) z + 2\lambda - a.$$

$2z^k$ et $2n^2$ ont pour période $[\overline{2, 1}]$; ces deux fonctions sont iso et deutéropériodiques, mais non équivalentes.

Les fonctions $3z^k$ de période $[\overline{2, 1, 1, 1}]$ sont isopériodiques et tétrapériodiques, $4z^2$ et $6z^2$ de périodes $[\overline{1}]$ sont monopériodiques et isopériodiques; $\frac{3z^2}{2}$ et $\frac{n^2}{2}$ de périodes respectives $[\overline{2, 1}]$ et $[\overline{4, 2}]$ sont deutéropériodiques.

Pour toutes les fonctions citées plus haut, le segment AB présente les mêmes particularités que pour les fonctions $R(z)$ où $R(1) = 1$, $R(2) > 2$; mais pour $7z^2$ et $8z^2$ de période $[\overline{1}]$, le point représentatif est irrationnel et situé à l'intérieur du segment AB, dont seules les deux extrémités A et B sont exclues de nos considérations.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Conditions pour qu'une surface puisse devenir réglée par déformation.* Note de M. E. Gau, présentée par M. E. Goursat.

Soit une surface qui a pour élément linéaire

$$ds^2 = du^2 + \Gamma^2(u, v)\, dv^2; \tag{1}$$

il faut voir sous quelles conditions il existera une transformation

$$U = U(u, v), \qquad V = V(u, v)$$

telle que l'élément ci-dessus prenne la forme

$$ds^2 = dU^2 + (\alpha U^2 + 2\beta U + \gamma)\, dV^2,$$

α, β, γ étant des fonctions de V; on posera $g^2 = \alpha U^2 + 2\beta U + \gamma$. Darboux a donné une méthode générale pour résoudre ce genre de problèmes [1]; le

[1] *Leçons sur la théorie des surfaces*, t. 3, Chap. II.

calcul direct que nous allons faire ici, outre qu'il est plus simple dans ce cas, nous permettra de mettre en évidence un résultat remarquable.

On doit avoir

$$(2)\qquad \begin{cases} \left(\dfrac{\partial U}{\partial u}\right)^2 + g^2\left(\dfrac{\partial V}{\partial u}\right)^2 = 1, \\ \dfrac{\partial U}{\partial u}\dfrac{\partial U}{\partial v} + g^2\dfrac{\partial V}{\partial u}\dfrac{\partial V}{\partial v} = 0, \\ \left(\dfrac{\partial U}{\partial v}\right)^2 + g^2\left(\dfrac{\partial V}{\partial v}\right)^2 = \Gamma^2. \end{cases}$$

On sait d'ailleurs que la courbure totale est un invariant, d'où

$$\frac{1}{\Gamma}\frac{\partial^2\Gamma}{\partial u^2} = \frac{1}{g}\frac{\partial^2 g}{\partial U^2} = \frac{1}{g^4},$$

par suite

$$g^4 = \frac{\Gamma}{\Gamma''}, \qquad \text{en posant} \qquad \Gamma' = \frac{\partial\Gamma}{\partial u}, \qquad \Gamma'' = \frac{\partial^2\Gamma}{\partial u^2}.$$

De la deuxième équation (2) on tire, λ étant arbitraire,

$$\frac{\partial U}{\partial u} = \lambda\frac{\partial V}{\partial v}, \qquad \frac{\partial U}{\partial v} = -\frac{g^2}{\lambda}\frac{\partial V}{\partial u};$$

la première et la troisième équation (2) montrent alors que $\lambda = \dfrac{\pm g}{\Gamma}$; la suite montre que le signe est indifférent; le système (2) est donc équivalent au suivant :

$$(3)\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial U}{\partial u} = \dfrac{g}{\Gamma}\dfrac{\partial V}{\partial v}, \qquad \dfrac{\partial U}{\partial v} = -\Gamma g\dfrac{\partial V}{\partial u}, \\ \dfrac{g^2}{\Gamma^2}\left(\dfrac{\partial V}{\partial v}\right)^2 + g^2\left(\dfrac{\partial V}{\partial u}\right)^2 = 1. \end{cases}$$

Posons

$$(4)\qquad \frac{\partial V}{\partial u} = \frac{1}{g}\sin V_1, \qquad \frac{\partial V}{\partial v} = \frac{\Gamma}{g}\cos V_1;$$

le système (2) se réduit alors à

$$(5)\qquad \frac{\partial U}{\partial u} = \cos V_1, \qquad \frac{\partial V}{\partial v} = -\Gamma\sin V_1.$$

Il suffit maintenant d'exprimer que les systèmes (4) et (5) sont compatibles, ce qui donne

$$\frac{\partial}{\partial v}\left(\frac{1}{g}\sin V_1\right) = \frac{\partial}{\partial u}\left(\frac{\Gamma}{g}\cos V_1\right), \qquad \frac{\partial}{\partial v}(\cos V_1) = -\frac{\partial}{\partial u}(\Gamma\sin V_1).$$

En développant et en posant $\Phi = \cot V_1$, ce système prend la forme

$$(6)\quad \left\{\begin{aligned} \frac{\partial \Phi}{\partial u} &= \Phi \frac{\partial \operatorname{Log} g}{\partial u} - \frac{1}{\Gamma}\frac{\partial \operatorname{Log} g}{\partial v},\\ \frac{\partial \Phi}{\partial v} &= \Phi^2 \Gamma \frac{\partial}{\partial u}\left(\operatorname{Log}\frac{g}{\Gamma}\right) - \Phi \frac{\partial \operatorname{Log} g}{\partial v} - \Gamma'.\end{aligned}\right.$$

Or c'est précisément à ce même système qu'on est ramené lorsqu'on cherche les équations du second ordre en involution avec l'équation aux dérivées partielles des surfaces qui admettent l'élément linéaire (1) donné ([1]).

Il s'ensuit que la condition nécessaire et suffisante pour que les surfaces (S) correspondant à l'élément linéaire (1) comprennent parmi elles une surface réglée est que leur équation aux dérivées partielles admette une involution du second ordre. Les intégrales de ce système en involution s'obtiennent, comme on sait, au moyen d'équations différentielles ordinaires; elles comprennent toutes les surfaces réglées correspondant à l'élément (1), et peut-être aussi d'autres surfaces : il ne m'a pas été possible d'élucider complètement ce dernier point.

MÉCANIQUE. — *Flexion finie de l'anneau circulaire comprimé diamétralement.* Note de M. **Gros**, présentée par M. Mesnager.

De l'intégrale de la ligne moyenne, représentée par une succession de quatre formes analytiques différentes conformément au tableau donné dans une précédente Note, on déduit les résultats suivants bien caractéristiques du problème actuel :

1° Les expressions déjà indiquées dans cette Note pour la compression de dégénérescence N_d et la compression critique N_c.

2° Au moment où la figure convexe de l'anneau va disparaître ($N \doteq N_c$), le demi-axe suivant les compressions est devenu égal à $0,7177\ldots r$; soit une contraction du diamètre primitif voisine de 28 pour 100. Le demi-axe perpendiculaire aux compressions est devenu égal à $1,198\ldots r$; soit une dilatation sensiblement égale à 20 pour 100.

3° Il est impossible de ne pas remarquer la singulière identité de forme des expressions de N_d et de N_c avec la classique formule d'Euler relative aux

---

([1]) Ce calcul sera développé dans un Mémoire qui paraîtra prochainement.

prismes chargés de bout, *mutatis mutandis* :

$$N = \alpha\pi^2 \frac{EI}{H^2}.$$

4° Un fait des plus caractéristiques consiste en ce que les données (r, I, E, N) figurent toujours et partout en bloc dans tous les résultats définitifs sous la forme du monome λ

$$\lambda = r\sqrt{\frac{N}{EI}},$$

de sorte que ces résultats pourraient être représentés au moyen de relations renfermant uniquement λ et l'argument elliptique u, les lettres (r, I, E, N) en ayant individuellement disparu; sous la condition, en ce qui concerne les coordonnées de la ligne moyenne, de considérer les coordonnées $\left(\frac{x}{r}, \frac{y}{r}\right)$ exprimées en parties du rayon.

5° Ce monome λ, qui est de degré zéro d'homogénéité, constitue un paramètre purement numérique dont la valeur dans chaque cas particulier définit de façon précise celle des cinq formes de l'intégrale qui se rapporte au cas considéré. L'anneau parcourant la suite complète de ses déformations de la figure circulaire initiale $(N = 0)$ à l'aplatissement final $(N = \infty)$, λ croît continûment de zéro à ∞; et les deux phases de la déformation se trouvent définies numériquement comme suit :

Première phase.

$\lambda = 0$	figure circulaire initiale
$\lambda = \lambda_d = 0,79351$	» de dégénérescence
$\lambda = \lambda_c = 1,66924$	» critique (fin de la première phase)

Deuxième phase.

$\lambda = \lambda_c = 1,66924$	figure critique (début de la deuxième phase)
$\lambda = \infty$	aplatissement final

6° A chaque valeur numérique déterminée Λ de λ correspondent une infinité de cas particuliers différant les uns des autres par une ou plusieurs des données (r, I, E, N), mais vérifiant tous la même relation

$$r\sqrt{\frac{N}{EI}} = \Lambda.$$

Pour tous les anneaux correspondants, le module, les périodes elliptiques, les limites de l'argument et les expressions des coordonnées $\left(\frac{x}{r}, \frac{y}{r}\right)$ sont les mêmes. Ces anneaux constituent ainsi une famille bien définie caractérisée par la valeur numérique Λ. Tout cas particulier rentre dans l'une de ces familles, et son rang dans l'échelle des déformations est fixée nettement par la valeur correspondante de λ.

Et l'on a les propositions suivantes :

I. *Les lignes moyennes de deux anneaux d'une même famille sont des courbes semblables, le rapport de similitude étant celui des rayons moyens primitifs.*

II. Par suite, *les lignes moyennes de tous les anneaux d'une même famille et de même rayon moyen primitif sont des courbes identiques.*

MOTEURS THERMIQUES. — *Résultats d'expérience sur l'augmentation de la compression dans les moteurs d'aviation.* Note (¹) de M. **Paul Dumanois**, présentée par M. Rateau.

Nous avons indiqué, dans une précédente Communication (²), qu'en employant des moteurs avec une compression volumétrique de 9 au lieu de 5, rendue possible par l'emploi d'antidétonant, la pression d'explosion était multipliée par 1,9, le rendement thermique par 1,23, mais que, par suite de l'augmentation de pression, le rendement mécanique était diminué et qu'il était prudent de ne pas tabler sur une augmentation pratique du couple de plus de 1,18 au lieu de 1,23. Ces chiffres étaient déduits de considérations purement théoriques, et il était nécessaire de vérifier pratiquement l'ordre de grandeur dans lequel on pouvait espérer les réaliser.

A cet effet, nous avons fait fonctionner un moteur d'aviation à 8 cylindres de 14^{cm} d'alésage et 15^{cm} de course, successivement avec des pistons donnant les compressions 5, 3 et 7. Le moteur était accouplé avec un frein Froude et, dans chaque cas, le frein était réglé de façon à faire tourner le moteur toujours au même nombre de tours, en l'espèce, 1830 par minute. Dans ces conditions, comme rien n'avait été changé au réglage du carburateur, la consommation horaire de combustible était toujours la même, ce qui permettait de mesurer immédiatement la variation du couple en fonction de la compression.

(¹) Séance du 23 juin 1924.

(²) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2164.

En passant de la compression 5,3 à la compression 7, le rendement thermique théorique varie de 0,49 à 0,541. Le rapport des deux rendements est de 1,10. Les puissances relevées ont été respectivement, pour le même nombre de tours, 1830, de 298 chevaux avec la compression 5,3 et de 330 chevaux avec la compression 7. On voit que l'augmentation de couple réalisée est, aux erreurs de mesure près, équivalente à l'augmentation théorique de rendement thermique.

En ce qui concerne la pression de combustion, la théorie conduit à un rapport de 1,4 qui a été retrouvé dans les mesures effectuées.

La détermination de la pression maximum de régime a d'ailleurs été délicate; nous avons été conduits à employer un dispositif différent de celui généralement adopté à cet effet. Le logement d'une bougie était mis en communication, par l'intermédiaire d'un clapet extrêmement léger, avec un manomètre, par un tuyautage sur lequel était branché une petite bouteille remplie de gaz carbonique à une pression supérieure à la pression estimée en fin de combustion. Pendant le fonctionnement du moteur, on produit une fuite légère dans le circuit. On voit l'aiguille du manomètre baisser très lentement de façon continue, et, lorsque la pression restante dans le tuyautage arrive à atteindre la pression de régime, il se produit, aussitôt après, une véritable onde, qui a pour conséquence une vibration très nette de l'aiguille.

Les résultats trouvés pratiquement, tant pour l'augmentation de couple que pour l'augmentation de pression de combustion, avec la compression 7 étant sensiblement identiques à ceux que l'on avait obtenus théoriquement, on peut considérer que l'extrapolation pour la compression 9 est parfaitement légitime.

En particulier, on peut compter que l'augmentation du rapport des couples se rapprochera plus que nous ne l'avions prévu du rapport des rendements thermiques.

Il est un autre point qu'il était intéressant de vérifier : lorsque la compression augmente, il en est de même du rendement thermique, et par suite, il y a plus de calories transformées en travail : la température théorique moyenne du cycle diminue donc, bien que la température de combustion soit plus élevée. Il est donc important d'examiner si, au point de vue des différentes pièces soumises au contact des gaz enflammés, l'augmentation instantanée de température a une influence plus grande que la diminution de la température moyenne du cycle. Cette question est particulièrement importante pour le fond des pistons constitués par des alliages fusibles aux environs de 600°.

Pour mesurer la température de ces fonds de pistons, on a simplement tracé sur la surface de ceux-ci des rainures radiales dans lesquelles ont été coulés des alliages à point de fusion compris entre 200° et 327°; cette dernière température étant obtenue par du plomb pur. La moyenne d'une vingtaine d'essais effectués avec la compression 5,3 a donné des résultats tout à fait concordants, qui ont montré en particulier que la température au centre du piston était voisine du point de fusion du plomb (327°), et, sur le bord, inférieure de 15° à 20° seulement; avec la compression 7, des résultats sensiblement identiques ont été trouvés.

La même observation a été faite en ce qui concerne la température moyenne des soupapes d'échappement dans les deux cas, avec plutôt tendance à une diminution dans le cas de la compression plus élevée.

Enfin, en ce qui conerne les calories enlevées par l'eau de circulation, il y a une légère diminution avec la compression 7.

On peut donc dire, qu'au point de vue thermique, l'augmentation de compression ne produit aucune augmentation de température et, par suite, de fatigue thermique des différentes pièces de la chambre de combustion.

Le combustible employé pour ces essais a été le benzol qui, à l'encontre de l'essence, ne donne pas lieu aux phénomènes de détonation. Quant à la compression 7, elle n'a pas été dépassée, car c'est le maximum que pouvait supporter, avec sécurité, au point de vue résistance mécanique, le moteur d'aviation que nous avons pris pour ces essais.

En résumé. les résultats pratiques ci-dessus obtenus confirment d'une manière complète les résultats théoriques indiqués sur l'intérêt de la très haute compression des moteurs d'aviation par l'emploi des antidétonants.

L'augmentation de rendement de la cylindrée et la diminution de consommation rendent également très intéressant l'emploi de moteurs à très haute compression avec combustibles antidétonants pour l'automobile.

AVIATION. — *Sur le rendement de la propulsion des oiseaux par battements de leurs ailes.* Note (¹) de M. Louis **Breguet**, transmise par M. Charles Richet.

Les battements de l'aile d'un oiseau, en vol horizontal permanent, n'ont pas pour effet d'assurer directement la sustentation, mais bien de propulser l'oiseau qui se soutient alors grâce à sa vitesse, à la façon des aéroplanes.

(¹) Séance du 23 juin 1924.

Cette Note démontrera que le rendement de ce mode de propulsion peut être voisin de l'unité.

On sait que chaque point de l'aile battante décrit, par rapport au corps, une courbe fermée de forme elliptique aplatie, mais nous ne retiendrons de ce mouvement complexe qu'un mouvement de translation vertical, joint à une oscillation de l'aile autour d'un axe parallèle à l'envergure, régissant la loi des incidences. Ces hypothèses, sans modifier le phénomène étudié, en permettent l'analyse.

La vitesse verticale du battement, de période $T = \frac{2\pi}{\omega}$, peut toujours se définir, en fonction du temps, par la somme des termes d'une série de Fourier :

$$v = \Sigma v_n \sin(n\omega t + \psi_n). \tag{1}$$

Soient alors :

i, c_x, c_z l'incidence de l'aile au temps t comptée à partir de celle du minimum de traînée et les coefficients de traînée et de poussée, i_0 étant l'incidence moyenne de vol, c_{x_0} et c_{z_0} les valeurs de c_x et c_z pour cette incidence;

c'_x, c'_z les mêmes coefficients rapportés à l'horizontale et à la verticale;

V, θ, Φ_n la grandeur de la vitesse aérodynamique dont les variations sont négligeables, son inclinaison au temps t sur l'horizontale et le décalage de phase entre les harmoniques correspondants de θ et de v;

P, S, $\frac{dz}{dt}$ le poids, la surface alaire de l'oiseau et la vitesse verticale périodique de son centre de gravité.

Pour rechercher quelle est, pour chaque valeur de θ, l'incidence la plus favorable, nous utiliserons une loi linéaire :

$$i = k\theta + i_0. \tag{2}$$

Nous savons d'autre part que, jusqu'aux incidences de 10°, on peut écrire :

$$c_x = \alpha + \beta i^2, \tag{3}$$
$$c_z = A + Bi. \tag{4}$$

On peut assimiler $\cos\theta$ à l'unité, $\sin\theta$ à θ et négliger θc_x devant c_z. Des développements en série plus complets pour $\sin\theta$ et $\cos\theta$ ne conduiraient d'ailleurs qu'à une valeur du rendement plus *grande*, l'écart étant inférieur à 1 pour 100, même pour un maximum de θ de 20°. On trouve alors faci-

lement :

(5) $$c'_x = c_x - \theta c_z = c_{x_0} - (c_{z_0} - 2\beta k i_0)\theta - (Bk - \beta k^2)\theta^2,$$

(6) $$c'_z = c_z = c_{z_0} + Bk\theta,$$

θ étant connu par l'équation :

(7) $$\theta = -\frac{1}{V}\left(\varphi + \frac{dz}{dt}\right) = -\frac{1}{V}\left[\Sigma\varphi_n \sin(n\omega t + \psi_n) + \frac{dz}{dt}\right].$$

L'équation du mouvement vertical, dans laquelle les termes constants doivent s'annuler

(8) $$\frac{P}{g}\frac{d^2z}{dt^2} = \frac{a}{2g}c'_z SV^2 - P = \frac{a}{2g}c_{z_0}SV^2 + \frac{a}{2g}BkSV^2\theta - P = \frac{a}{2g}BkSV^2\theta$$

permet, jointe à l'équation (7), de calculer θ. On trouve :

(9) $$\theta = -\frac{1}{V}\Sigma\varphi_n \cos\Phi_n \sin(n\omega t + \psi_n + \Phi_n),$$

avec

(10) $$\operatorname{tang}\Phi_n = \frac{aBkSV}{2Pn\omega}.$$

Ceci posé, la condition de propulsion exige que la valeur moyenne de c'_x soit nulle dans la période, ce qui donne, d'après la relation (5) :

(11) $$c_{x_0} = (Bk - \beta k^2)\frac{1}{T}\int_0^T \theta^2\,dt = \frac{Bk - \beta k^2}{2V^2}\Sigma\varphi_n^2\cos^2\Phi_n.$$

D'autre part, pendant la période du battement, l'oiseau dépense le travail

(12) $$\mathfrak{T} = -\frac{a}{2g}SV^2\int_0^T c'_z\varphi\,dt.$$

La partie variable de c'_z étant $Bk\theta$, il vient :

(13) $$\mathfrak{T} = -\frac{a}{2g}SV^2Bk\int_0^T \theta\varphi\,dt = \frac{a}{4g}SVBkT\Sigma\varphi_n^2\cos^2\Phi_n.$$

Or, en vol horizontal à la même incidence i_0, l'oiseau utilise, pendant la durée T de la période de travail :

(14) $$\mathfrak{T}_n = \frac{1}{2g}c^{x_0}SV^3T,$$

de sorte qu'en tenant compte de la condition (11) de propulsion, l'expres-

sion cherchée du rendement n'est autre que

$$(15)\qquad \rho = \frac{\mathfrak{T}_u}{\mathfrak{T}} = \frac{2 c_{x_0} V^2}{Bk \Sigma v_n^2 \cos^2 \Phi_n} = 1 - \frac{\beta k}{B}.$$

Cette expression, d'une simplicité remarquable, montre que la loi de la vitesse du battement et l'incidence de vol sont sans influence directe sur le rendement, contrairement à ce qu'en pensent certains auteurs qui ont cru voir un facteur essentiel dans l'inégalité des durées de la descente et de la remontée.

D'après notre formule, le rendement est d'autant meilleur que B est plus grand, donc l'envergure relative plus accentuée, et que k est plus petit, c'est-à-dire que les variations de l'incidence i sont moins prononcées, *l'oiseau inclinant à tout instant son aile pour obtenir, par rapport à la direction variable de la vitesse aérodynamique, des incidences aussi voisines que possible de* i_0. La discussion de la condition (11) de propulsion montre que k doit couramment atteindre des valeurs de 0,20, peut-être même de 0,10, le rendement étant alors de 0,95 à 0,97 pour $\beta = 1{,}3$ et $B = 5$. Les valeurs de k inférieures à 0,10, favorables à l'amélioration du rendement, conduiraient à de trop grandes vitesses de battement et à des fréquences exagérées, par suite de la limitation de l'amplitude.

Nous ne voulons pas en conclure qu'il y aurait lieu de construire des avions à ailes battantes, car les difficultés de réalisation, les pertes dans les organes de transmission, leur poids et l'équilibrage des forces d'inertie conduiraient à acheter trop cher le bénéfice escompté, mais simplement nous incliner devant la perfection des moyens mis en œuvre par la nature et dont la copie n'est même pas à la portée de l'industrie humaine.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Les équations fondamentales de l'Électrodynamique des milieux continus en mouvement.* Note [1] de M. **Louis Roy**, transmise par M. L. Lecornu.

Les expressions des champs électrique (X, Y, Z) et magnétique $(\mathfrak{X}, \mathfrak{Y}, \mathfrak{Z})$ résultent immédiatement de formules antérieurement données [2], soit

$$(1)\qquad X = -\varepsilon \frac{\partial V}{\partial x} - \frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}}\left(\frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial t} + \frac{\partial |a\mathfrak{F}|}{\partial x} - \frac{\mathfrak{b}_y c - \mathfrak{b}_z b}{\sqrt{\varepsilon'}}\right), \quad \ldots;$$

$$(2)\qquad \mathfrak{X} = -\varepsilon' \frac{\partial \mathfrak{V}}{\partial x} - \frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}} \sqrt{\varepsilon'}\left(\frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\partial G}{\partial z}\right), \quad \ldots,$$

(1) Séance du 23 juin 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2065.

ε désignant la constante fondamentale des actions électrostatiques, φ le potentiel magnétique. On en déduit

$$(3)\qquad \sqrt{\varepsilon'}\left(\frac{\partial Z}{\partial y}-\frac{\partial Y}{\partial z}\right)=\frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}}\left[\frac{\partial \mathcal{B}_x}{\partial t}+\frac{\partial(\mathcal{B}_x b-\mathcal{B}_y a)}{\partial y}-\frac{\partial(\mathcal{B}_z a-\mathcal{B}_x c)}{\partial z}\right],\qquad \ldots,$$

équations qui coïncident avec le premier groupe de Hertz; de même

$$(4)\qquad \frac{\partial \mathfrak{Z}}{\partial y}-\frac{\partial \mathfrak{Y}}{\partial z}=\frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}}\sqrt{\varepsilon'}\left(\Delta F-\frac{\partial}{\partial x}\left|\frac{\partial F}{\partial x}\right|\right),\qquad \ldots.$$

En remplaçant les seconds membres par leurs valeurs antérieurement calculées, il vient

$$(5)\qquad \left\{\begin{aligned}\frac{\partial \mathfrak{Z}}{\partial y}-\frac{\partial \mathfrak{Y}}{\partial z}=\frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}}\sqrt{\varepsilon'}\Bigg\{&-4\pi\left[u+\frac{\partial A}{\partial t}+a\left|\frac{\partial A}{\partial x}\right|+\frac{\partial(Ab-Ba)}{\partial y}-\frac{\partial(Ca-Ac)}{\partial z}\right]+\mathfrak{L}\\&+\frac{\partial^2 V}{\partial t\,\partial x}+a\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}+b\frac{\partial^2 V}{\partial y\,\partial x}+c\frac{\partial^2 V}{\partial z\,\partial x}-\frac{\partial a}{\partial y}\frac{\partial V}{\partial y}-\frac{\partial a}{\partial z}\frac{\partial V}{\partial z}\Bigg\}\\&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\end{aligned}\right.$$

équations qui correspondent au second groupe de Hertz.

Mais, en supposant le milieu isotrope, on reconnaît, d'après l'hypothèse de Faraday-Mossotti, que les secondes lignes des seconds membres sont négligeables vis-à-vis des premières; si, de plus, le mouvement du système s'effectue sans déformation, $\mathfrak{L}$, $\mathfrak{M}$, $\mathfrak{N}$ sont nuls et les seconds membres se réduisent aux quantités entre crochets. Or, il résulte de l'hypothèse de Faraday-Mossotti qu'on a très sensiblement $B_x=4\pi\varepsilon A$, ..., B étant l'induction électrique, de sorte qu'en posant

$$e_v=\frac{1}{4\pi\varepsilon}\left|\frac{\partial B_x}{\partial x}\right|,$$

quantité que Hertz a appelée *densité de l'électricité vraie*, (5) s'écrit

$$\begin{aligned}\frac{\partial \mathfrak{Z}}{\partial y}-\frac{\partial \mathfrak{Y}}{\partial z}=&-4\pi\frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}}\sqrt{\varepsilon'}\\&\times\left\{u+\frac{1}{4\pi\varepsilon}\frac{\partial B_x}{\partial t}+ae_v+\frac{1}{4\pi\varepsilon}\left[\frac{\partial(B_x b-B_y a)}{\partial y}-\frac{\partial(B_z a-B_x c)}{\partial z}\right]\right\},\qquad \ldots,\end{aligned}$$

et nous retrouvons ainsi le second groupe de Hertz. En résumé, nos équations coïncident dans tous les cas avec le premier groupe de Hertz et très sensiblement avec le second pour les systèmes dont le mouvement s'effectue sans déformation. C'est d'ailleurs seulement dans ce cas que les équations de Hertz satisfont à ce que H. Poincaré appelle le principe de la conserva-

tion de l'électricité (¹), car on a

$$e_v = e + \frac{1}{4\pi\varepsilon}\left|\frac{\partial \mathcal{E}_x}{\partial x}\right|,$$

d'où il résulte que e_v ne coïncide avec e que si le dernier terme est nul, et l'on reconnaît qu'il n'en est ainsi que dans les mouvements sans déformation. Au contraire, il est manifeste que nos équations (4) satisfont toujours à ce principe.

Nos équations ne sont pas immédiatement comparables à celles aux moyennes de M. Lorentz, parce que le champ et l'induction électriques et magnétiques n'ont pas la même signification dans les deux théories. Cherchons donc à quelles équations nous serions conduits si nous adoptions pour les grandeurs ci-dessus les définitions de M. Lorentz.

Soient (X_0, Y_0, Z_0) et $(\mathfrak{X}_0, \mathfrak{Y}_0, \mathfrak{Z}_0)$ les champs électrique et magnétique dans l'éther, assimilé à un solide lié aux axes $Oxyz$ qui, dès lors, cessent d'être arbitraires; on a, d'après (1) et (2),

$$X_0 = -\varepsilon\frac{\partial V}{\partial x} - \frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}}\frac{\partial \mathfrak{F}_0}{\partial t}, \quad \ldots; \qquad \mathfrak{X}_0 = -\varepsilon'\frac{\partial \varphi}{\partial x} - \frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}}\sqrt{\varepsilon'}\left(\frac{\partial H_0}{\partial y} - \frac{\partial G_0}{\partial z}\right), \quad \ldots,$$

l'indice zéro indiquant que les potentiels vecteurs sont calculés en y annulant a, b, c et leurs dérivées; les inductions électrique B' et magnétique $\mathfrak{B}'$ sont alors définies par

$$B'_x = X_0 + 4\pi\varepsilon A, \quad \ldots; \qquad \mathfrak{B}'_x = \mathfrak{X}_0 + 4\pi\varepsilon'\mathfrak{A}, \quad \ldots,$$

$(\mathfrak{A}, \mathfrak{B}, \mathfrak{C})$ étant l'intensité d'aimantation. On obtient alors

$$\left|\frac{\partial B'_x}{\partial x}\right| = 4\pi\varepsilon e, \qquad \left|\frac{\partial \mathfrak{B}'_x}{\partial x}\right| = 0,$$

$$\sqrt{\varepsilon'}\left(\frac{\partial Z_0}{\partial y} - \frac{\partial Y_0}{\partial z}\right) = \frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}}\frac{\partial \mathfrak{B}'_x}{\partial t}, \qquad \ldots;$$

$$\frac{\partial \mathfrak{Z}_0}{\partial y} - \frac{\partial \mathfrak{Y}_0}{\partial z} = -4\pi\frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}}\sqrt{\varepsilon'} \times\left[u + \frac{1}{4\pi\varepsilon}\frac{\partial B'_x}{\partial t} + ea + \frac{\partial(Ab - Ba)}{\partial y} - \frac{\partial(Ca - Ac)}{\partial z} + \frac{\mathfrak{A}}{4\pi\varepsilon\sqrt{2}}\frac{\partial^2 \mathfrak{F}_0}{\partial t^2}\right], \quad \ldots$$

Nous aboutissons ainsi aux équations fondamentales de M. Lorentz, sauf en ce qui concerne le dernier groupe, dont chaque équation renferme ici un terme de plus; on voit que ce terme serait nul, si le champ électrique dans l'éther se réduisait au champ électrostatique.

(¹) H. Poincaré, *Électricité et Optique*, 2ᵉ édition, p. 387.

PHYSIQUE. — *Effet photo-électrique et phosphorogène.* Note ([1]) de M. **Maurice Curie**, présentée par M. G. Urbain.

On sait que les sulfures alcalino-terreux deviennent phosphorescents par addition, en proportions très faibles, de certains sels (sels de bismuth); cette luminosité est accrue par l'adjonction de fondants (sels de sodium, de lithium).

En particulier, Lenard prépara, dans des conditions identiques, du sulfure de calcium pur sans bismuth ni fondant, du sulfure de calcium sans bismuth mais avec fondant, et du sulfure de calcium avec bismuth (2.10^{-4} gr Bi par gramme de CaS) et fondant.

Le premier de ces échantillons ne montra ni phosphorescence ni effet photo-électrique. Le deuxième fut très faiblement phosphorescent et faiblement photo-électrique. Le troisième, fortement phosphorescent donna un effet photo-électrique comparable à celui d'une surface égale de magnésium.

J'ai été indirectement amené à reprendre ces expériences et à les compléter en opérant notamment avec des échantillons de sulfure de calcium à teneurs en bismuth très diverses.

Le dispositif de mesure de l'effet photo-électrique était semblable à celui de Lenard([2]): mesure de la charge positive acquise par le sulfure de calcium fortement éclairé, charge due au départ d'électrons.

Le sulfure de calcium était répandu en couche très mince, dans une petite cuvette de 8^{cm^2} de surface; cette cuvette était en relation avec un électromètre P. Curie-Debierne [sensibilité : 1 volt = 250 divisions (mm) de l'échelle]. En regard du sulfure se trouvait une grille portée à un potentiel positif d'environ 100 volts. La grille et la cuvette étaient placées dans un appareil de verre où je faisais le vide à l'aide d'une bonne pompe à huile. Dessiccation complémentaire par l'anhydride phosphorique.

Comme source de lumière, j'utilisais une lampe tungstène-azote de 600 bougies. Condenseur en verre. Cuve à eau pour arrêter les rayons calorifiques.

La grandeur de l'effet photo-électrique était mesurée par la vitesse de déviation du spot lumineux. Avec tous les échantillons examinés, un seul

---

([1]) Séance du 23 juin 1924.

([2]) Lenard, *Ann. der Phys.*, t. 28, 1909, p. 480; voir aussi Göggel, *Ann. der Phys.*, t. 67, 1922, p. 301.

excepté, on observait une diminution relativement très lente du courant photo-électrique; la mesure de la déviation totale pendant les 30 secondes suivant le début de l'insolation paraissait donner une représentation convenable de l'effet.

Le tableau ci-après résume les résultats expérimentaux obtenus.

J'ai préparé spécialement les sulfures de calcium nos 1, 2, 3, 4, 5, 6 avec les mêmes produits chimiques et dans les mêmes conditions de calcination. Ils contenaient tous 1 pour 100 de chlorure de sodium comme fondant; seule leur teneur en bismuth différait.

Le sulfure de calcium n° 0 provenait d'une autre série de mes essais. Le sulfure de calcium CaS G. a été obtenu par M. A. Guntz et le sulfure de calcium Ca S com. était un produit phosphorescent commercial courant.

Les intensités relatives de fluorescence se rapportent aux fluorescences obtenues par excitation au moyen d'un verre-filtre spécial peu chargé en oxyde de nickel et contenant une trace d'oxyde de cuivre (transmission : 4000 à 3400 Å) (¹).

Les intensités relatives de phosphorescences étaient évaluées 30 secondes après exposition prolongée à la lumière d'une forte lampe à incandescence.

La comparaison de ces intensités lumineuses fut faite à l'aide du photomètre sans écran diffusant de MM. Buisson et Fabry.

Préparation. — CaS.	Concentration en bismuth.	Effet photo-élect. Intensité en mm échelle/sec.	Intensité de la fluorescence.	Intensité de la phosphorescence.
N° 1.......	0	0	nulle	nulle
N° 2.......	10^{-6} env. (*a*)	2,84	douteuse	faible
N° 3.......	1.10^{-4}	3,46	0,7	0,7
N° 4.......	1.10^{-3}	2,43	1	1
N° 5.......	1.10^{-2}	5,21	0,2	0,3
N° 6.......	5.10^{-2}	5,21	0	0
G.......	?	(*b*) très fort	13	12
N° 0.......	5.10^{-4}	1,59	3	3
N° 4.......	1.10^{-3}	2,43	1	1
com........	?	1,92	(*c*) —	0,6

(¹) Notons ici que l'interposition de ce verre spécial ne réduisait l'effet photo-électrique qu'au tiers environ de sa valeur, avec tous les échantillons étudiés.

(*a*) La répartition régulière du bismuth est ici douteuse.

(*b*) L'effet photo-électrique se polarisait ici très rapidement, ce qui rendait impossible son évaluation.

(*c*) La fluorescence avait une teinte jaunâtre, alors que la teinte de la phosphorescence était violette, comme pour tous les autres produits.

L'examen de ce tableau donne lieu aux remarques suivantes :

1° Le sulfure de calcium sans bismuth n'a pas montré d'effet photo-électrique. Ce résultat fondamental de Lénard se retrouve ici.

2° L'effet photo-électrique apparaît bien avec le phosphorogène, mais ne semble guère dépendre de sa concentration.

3° L'effet photo-électrique ne suit pas l'éclat de luminescence.

En particulier, l'effet photo-électrique obtenu aves mes produits fut le plus grand pour les produits à 1 et 5 pour 100 de bismuth. Cependant il faut noter, d'autre part, que l'effet maximum fut donné par le sulfure de calcium obtenu par M. Guntz, sulfure dont la luminosité était la plus grande. Mais ce produit n'a pas été préparé dans les mêmes conditions; en particulier, il contenait du lithium comme fondant [1].

Il semble juste de conclure que l'effet photo-électrique caractérise la présence de l'impureté phosphorogène, mais non la phosphorescence. Ceci n'implique pas que la théorie électronique de la phosphorescence se trouve en défaut; la lumière excitatrice provoque l'expulsion lointaine de l'électron de son niveau d'énergie; mais, dans certaines conditions de concentration en phosphorogène par exemple, le retour vers ce niveau ne sera plus accompagné d'une émission visible [2].

Enfin il est remarquable que l'effet photo-électrique semble rester stationnaire, alors que la concentration en bismuth peut devenir plus de 1000 fois plus forte. Ce fait provient peut-être d'une stabilisation des électrons sur leur niveau, pour les concentrations élevées (J. Perrin).

Ces mesures d'effet photo-électrique sont en accord avec des mesures faites à différentes températures et en utilisant un autre dispositif expérimental.

ÉLECTRICITÉ. — *Force électromotrice de filtration.* Note de M. L. Riéty, présentée par A. Cotton.

L'écoulement dans un tube capillaire, sous une pression élevée, de solutions salines même très concentrées produit entre les extrémités du tube une différence de potentiel : 1° proportionnelle à la différence de pression;

---

(1) Les « sulfures » de calcium phosphorescents renferment de la chaux et du sulfate de chaux, en fortes proportions.

(2) Maurice Curie, *Journ. de Phys.*, t. 5, mars 1924, p. 65-83. Pour les fortes concentrations, l'absorption par le luminogène de la lumière émise doit aussi intervenir.

2° d'autant plus petite que la solution est plus concentrée (1). Pour certains sels, lors de l'écoulement des solutions, le potentiel à la sortie du tube est plus élevé qu'à l'entrée, indiquant un transport d'électricité positive dans le sens du courant liquide, c'est le cas du sulfate de cuivre; d'autres produisent une différence de potentiel en sens inverse, c'est le cas de l'azotate de cuivre.

Lorsqu'on prolonge l'expérience durant plusieurs jours, la force électromotrice de filtration varie et tend vers une limite, en décroissant dans le cas des solutions salines pour lesquelles l'électricité positive est entraînée dans le sens du courant liquide, et en croissant au contraire dans le cas des solutions salines qui se comportent comme les solutions d'azotate de cuivre. Ce sont ces valeurs limites de la force électromotrice de filtration que l'on considère en général.

Je me suis proposé de mesurer les différences de potentiel obtenues dès le début de l'écoulement des solutions salines dans un tube de verre bien sec. Avant chaque mesure le tube capillaire est lavé aux acides, à l'eau distillée, à l'alcool anhydre, à l'éther, puis séché par un courant d'air sec et chaud.

Le tube capillaire, long et courbé en arc de cercle, a une extrémité plongeant dans le liquide contenu dans un tube réservoir que l'on enferme dans le cylindre en acier de la pompe de Cailletet. Dans ce cylindre, on comprime du mercure à l'aide de la pompe et d'un deuxième cylindre en acier. Une électrode est immergée dans la solution du réservoir et communique par un fil de cuivre avec l'extérieur. L'extrémité libre du capillaire plonge dans un vase rempli de la solution étudiée; dans ce vase plonge également une deuxième électrode. La différence de potentiel obtenue est compensée à l'aide d'un potentiomètre formé de deux boîtes de résistance.

Le tube capillaire a un diamètre intérieur assez petit pour que le liquide s'écoule goutte à goutte sous la pression employée, qui est le plus fréquemment de 25^{atm}. Une fois la compensation obtenue, on maintient l'écoulement pendant une quinzaine de minutes et l'on s'assure que la différence de potentiel reste constante. Bien souvent des perturbations à la compensation sont apportées par l'obstruction plus ou moins complète du tube par de fines particules entraînées par le liquide.

La force électromotrice de filtration ainsi déterminée est en relation simple avec la concentration de la solution. En particulier pour les solutions assez concentrées d'acétate de cuivre qui, lors de l'écoulement, donnent lieu à un transport d'électricité négative, la différence de potentiel obtenue varie en raison inverse de la concentration, celle-ci étant exprimée par la masse de sel cristallisé contenue dans 1^{l} de solution.

(1) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1375, et t. 154, 1912, p. 1215.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le calcul des chaleurs de formation et l'interprétation de quelques exceptions à la règle du travail maximum.* Note de M. **Charles Henry** (¹), présentée par M. Daniel Berthelot.

La relation (N = nombre d'Avogadro, m = masse moléculaire)

$$\Delta q = \frac{3 N m h V}{\lambda_0 \mu} \tag{1}$$

relie la chaleur de formation Δq à λ_0, la moyenne des λ des composants dans le spectre d'extinction du composé; $\frac{hV}{\lambda_0} = \varepsilon_{\lambda_0}$, le *quantum* de λ_0. Exemple :

	m.	λ_0.	Δq obs.	Δq calc.
KCl.......	$7{,}46.10$	$6{,}5.10^{-3}$	$10, 4.10^4$	$10{,}36.10^4$
NaCl......	$5{,}85.10$	$5{,}2.10^{-3}$	$9{,}85.10^4$	$10{,}18.10^4$
KBr..	$1{,}19.10^2$	$8{,}5.10^{-3}$	$9, 4.10^4$	$12, 7.10^4$

La concordance est moins bonne pour KBr, à cause des formations de KBr^3, dont le Δq est très faible.

Réciproquement, de Δq on peut tirer λ_0, ce qui est précieux, les déterminations optiques, toujours délicates, n'étant possibles que quand les atomes sont chargés électriquement.

Le signe de Δq est le même que celui de $\lambda_1 - \lambda_0$, λ_1 étant la moyenne des λ d'extinction atomique des composants, λ connus pour tous les corps simples et calculables pour des composés par les mêmes méthodes.

Le grain ε_{λ_0} est, par définition, une quantité instantanée et discontinue : d'après (1), Δq l'est aussi, comme d'ailleurs le montrent des calculs simples. Si l'on divise les chaleurs de formation par les chaleurs atomiques mc à la température du calorimètre, soit 15° C., on trouve des températures θ' de l'ordre de 10^4 et de 10^3. Les θ' vrais sont même plus élevés que 10^4 ou 10^3, car la chaleur spécifique diminue quand la température augmente. Les θ' vrais sont les températures instantanées τ, précédemment calculées, car on a

$$\Delta q = \frac{N}{\mu} 3 m \varepsilon_{\lambda_0} = K \Delta S \, \Delta L \qquad \text{avec} \qquad K = \frac{N}{\mu} = 1{,}55.10^{16},$$

ΔS étant la variation d'entropie.

(¹) Voir *Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 558, et l'erratum.

Le caractère instantané des chaleurs et le niveau élevé des températures de formation permettent de calculer ΔS si les chaleurs spécifiques ne sont pas trop grandes, ce qui est le cas usuel. Soient c_1 la somme des chaleurs spécifiques des composants, c_2 la chaleur spécifique du composé à la température ordinaire, c'_1, c'_2 ces chaleurs spécifiques à la température élevée de formation; les chaleurs spécifiques passant par un maximum en fonction de la température et les chaleurs considérées étant petites, on peut écrire

$$(2) \qquad c'_2 - c'_1 = \alpha(c_1 - c_2); \qquad -c'_1 = -\alpha c_1;$$

ceci répondant au cas $c'_2 = 0$, $c_2 = 0$ quand il n'y a pas de composé. Mais de

$$\tau = \frac{q}{mc_\tau} = \frac{3m\varepsilon_{\lambda_0}}{S}$$

il ressort

$$S_1 = mc'_1, \qquad S_2 = mc'_2,$$

d'où

$$\frac{mc'_1}{k} = \log p_1, \qquad p_1 = e^{-\frac{mc'_1}{k}}, \qquad \frac{mc'_2}{k} = \log p_2, \qquad p_2 = e^{-\frac{mc'_2}{k}}.$$

Le quotient $\frac{3m\varepsilon_{\lambda_0}}{\Delta\tau} = \Delta S$ est le même pour les quantités chimiques que pour les quantités correspondantes $\frac{\varepsilon_{\lambda_0}}{\tau}$; d'après le calcul, les S ou ΔS étant très petits, de l'ordre de 10^{-18}, les $\frac{mc}{k}$ sont de l'ordre de 10^{-2}; on peut arrêter au premier terme le développement en série des p_1, p_2; l'on a

$$\Delta S = k\frac{\Delta p}{p} = k\frac{p_1 - p_2}{p_1} = k\frac{(mc'_2 - mc_1)}{k - mc'},$$

d'où, en vertu de (2), k étant négligeable devant mc'_1,

$$(3) \qquad \Delta S = k\frac{(mc_1 - mc_2)}{mc_1},$$

λ étant proportionnel à un temps, le signe de ΔS est celui de $\frac{\Delta S}{\Delta(\lambda\theta)}$. Ayant porté sur un graphique les quantités du rayonnement en fonction de $\lambda\theta$ et connaissant pour une transformation chimique $\pm\Delta S$, on l'identifie avec une valeur S de ce graphique, ce qui donne un $\lambda\theta$. Connaissant λ_0 par $\Delta q(1)$, on tire un θ, qui est une température stationnaire de stabilité, en général, très basse, bien différente de la température instantanée τ.

Ces températures stationnaires sont mal connues; on peut les atteindre par les courbes de dissociation. Par exemple on a, pour CO^2, d'après (3), $\Delta S = -8{,}97.10^{-18}$; $\lambda\theta = 1{,}1$; d'après (1), $\lambda = 4{,}24.10^{-3}$; $\theta = 259$. D'après

les expériences de Boudouard sur la valeur du coefficient de dissociation δ en fonction de la température pour $\frac{2\,CO}{CO^2+C}$, $\delta = \frac{1}{2}$ pour $\theta = 676,5$; cette température représente la moyenne des températures extrêmes de stabilité de CO^2; $\delta = 1$, pour $\theta = 1353°$ C. $+ x$ et $\delta = 0$ pour 0° C. $- x$. Le calcul fondé sur les nouvelles formules donne $x = 273 - 259 = 14$, valeur qui modifie peu la limite supérieure des températures de stabilité de CO^2, impliquée par les mesures et qui apporte à la valeur de la limite inférieure la correction nécessaire.

En principe, on a $\frac{-\Delta\varepsilon_u}{\Delta(\lambda\theta)}$; $\left(\varepsilon_u = \frac{\varepsilon\lambda}{\theta}\right)$. *C'est la règle du travail maximum;* ce n'est que dans des limites étroites de $\lambda\theta = 0,3$ à $\lambda\theta = 0,35$, de $\lambda\theta = 1$ à $\lambda\theta = 1,1$ que l'on a $\Delta\tau$ et ΔS de même signe; vers le zéro absolu, l'on a $-\Delta q = -\Delta S \times \Delta\tau$, conformément à la thermodynamique et à la règle du travail maximum.

Les exceptions à cette règle s'interprètent facilement. Par exemple, en présence de S, O et H^2O, c'est SO^2 et non SO^4H^2, plus exothermique, qui se forme; en présence de Ag, O et S, c'est Ag^2S qui se forme et non Ag^2O, plus exothermique. Le rapport $\frac{\theta}{\tau} = \frac{1}{\tau}$, dont l'expression mathématique se déduit facilement de (1) de la précédente communication, mesure la stabilité de l'équilibre. Or $\frac{\theta}{\tau}$, comme ΔS, est positif pour SO^2 $(3,33.10^{-4})$ et pour Ag^2S $(4,21.10^{-5})$ négatif pour SO^4H^2 $(-4,94.10^{-4})$ et Ag^2O $(-1,2.10^{-4})$.

La règle du travail maximum est une déduction directe de la théorie du rayonnement étendue aux actions instantanées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la tension de la vapeur du carbone solide.* Note (1) de M. **J.-J. van Laar**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Dans une récente Note, MM. Wertenstein et Jedrzejwski ont trouvé expérimentalement (2) en faisant usage de la méthode de Langmuir (évaporation dans le vide) et de la formule bien connue de Knudsen-Langmuir (3) :

$$\log p_{mm} = -\frac{47000}{T} - 0,75 \log T + 14,87,$$

(1) Séance du 23 juin 1924.
(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 316-319.
(3) *Loc. cit.*, p. 319.

ce qui donne, en pesant pour T dans le terme peu variable $-0,75 \log^{10} T$ la valeur moyenne 4000° abs. :

$$\log^{10} p_{mm} = -\frac{47\,000}{T} + 12,17,$$

de sorte qu'on obtient, en retranchant 2,88 pour avoir p (en atm.), la formule

$$(1) \qquad \log^{10} p_{atm} = -\frac{47\,000}{T} + 9,3,$$

donnant $T_e = 5050°$ abs. pour la température d'ébullition.

2. Or j'ai trouvé (¹) en 1920 — en partant du *coefficient de dilatation* du carbone (graphite) et de l'*attraction moléculaire* $\sqrt{A}$, que j'avais déterminé autrefois d'une façon indépendante — l'équation *théorique* de la courbe de sublimation (²)

$$(2) \qquad \log^{10} p_{atm} = -\frac{47\,120}{T} + 9,4,$$

donnant pour la température de sublimation $T_e = 5010°$ abs.

On trouvera les considérations théoriques sur lesquelles est basé le calcul des coefficients A, B, C et D de l'équation tout à fait générale

$$\log p = -\frac{A}{T} - B \log T - DT + C$$

dans deux articles du même Recueil (³), ainsi que dans mon livre récent sur l'équation d'état (⁴).

Il est donc bien certain que le point de sublimation est beaucoup plus élevé que 4200° abs., comme on le déduirait des mesures de Lummer (1914 et 1918) et de Mlle Kohn (1920) avec le cratère positif.

D'autre part, tandis que les formules, que Fajans et moi avons déduit des expériences de Lummer, donnent $L = A \times 4,574 = 283.10^3$ et 298.10^3 cal-gr. respectivement, et que la formule calculée par van Liempt (⁵) à partir des mesures de Mlle Kohn, donne 164 cal-gr., les formules de

---

(¹) *Recueil des Trav. chim. des Pays-Bas*, t. 39, 1920, p. 647-655.

(²) *Loc. cit.*, p. 651.

(³) *Loc. cit.*, p. 215-242 et 371-410.

(⁴) *Die Zustandsgleichung von Gasen und Flüssigkeiten* usw. Leipzig, L. Voss 1924. Voir surtout les pages 265-282 et 351-354.

(⁵) *Z. f. anorg. und allg. Ch.*, t. 115, p. 218-224. Voir aussi VAN LAAR, *Die Zustandsgl.*, p. 293.

MM. Wertenstein et Jedrzejewski et de moi-même donnent

$$L = 215.10^3 \text{ cal-gr.}$$

Nous rappellerons aussi que Demberg (1) avait calculé à partir de certaines données thermochimiques $L = 179.10^3$, valeur qui s'approche plus que toutes les autres valeurs de la valeur exacte 215.10^3. Au contraire, la valeur donnée par Frantz (2), soit $82,4.10^3$ (T_e 3800° abs.!), s'en éloigne le plus.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Rôle de la viscosité dans les phénomènes de fluorescence.* Note de M. **Francis Perrin**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Dans une Note précédente (3) j'ai montré que le pouvoir fluorescent d'une substance dissoute décroît exponentiellement quand la concentration augmente :

$$\Phi = \Phi_0 e^{-kc}. \tag{1}$$

Pour une même substance fluorescente la valeur de la constante k doit dépendre de la viscosité des solutions considérées. Si en effet le voisinage d'une molécule de même espèce peut empêcher la fluorescence d'une molécule qui a absorbé un quantum de lumière excitatrice, aussi bien au moment du retour à l'état normal qu'au moment de l'absorption, la constante k dépendra du coefficient de diffusion des molécules dissoutes.

Par exemple, si une molécule ne pouvait pas être fluorescente lorsqu'elle se trouve à une distance inférieure à ε d'une molécule de même espèce, soit à l'instant de l'absorption, soit à l'instant du retour à l'état normal, k serait deux fois plus petit pour une solution solide que pour une solution peu visqueuse. Dans le premier cas, en effet, une molécule isolée reste isolée, tandis que s'il se produit une diffusion importante pendant la durée moyenne de l'état critique, les probabilités d'isolement au début et à la fin de cet état sont indépendantes. Avec ces hypothèses simples on aurait (N étant le nombre d'Avogadro)

$$k_s = \frac{1}{2} k_l = N \int_0^{\varepsilon} 4\pi r^2 dr = \frac{4}{3} \pi N \varepsilon^3$$

---

(1) *B. B.*, t. 53, II, 1920, p. 1351; comp. VAN LAAR, *Die Zustandsgl.*, p. 295.

(2) *Z. f. anorg. u. allg. Ch.*, t. 104, 1918, p. 169-211; comp. VAN LAAR, *Die Zustandsgl.*, p. 364.

(3) F. PERRIN, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 162.

et en se rapportant aux valeurs expérimentales de k_l, on trouve que les distances de protection ε seraient les suivantes :

Bleu fluorescent	$3,4.10^{-7}$ cm
Uranine	$2,5.10^{-7}$ »
Quinine	$1,1.10^{-7}$ »

Les observations de M. Jean Perrin (¹), sur l'augmentation du pouvoir fluorescent par le passage à l'état solide de solutions concentrées, semblaient bien indiquer une diminution de la constante k.

Pour étudier plus complètement cette influence d'une viscosité considérable, j'ai réalisé des solutions de bleu fluorescent et d'éosine dans du glucose vitreux (fondu avec une très petite quantité d'eau). Ces solutions solides ont bien vérifié la formule (1), avec des coefficients k, respectivement 2,1 et 1,8 fois plus petits que pour les solutions liquides.

Quand en solution liquide le pouvoir fluorescent ne commence à décroître notablement que pour de fortes concentrations, le corps considéré pourra être fluorescent à l'état solide pur (sans l'être d'ailleurs sensiblement à l'état fondu). C'est bien ce qu'on observe par exemple pour le sulfate acide de quinine (²) et le phénanthrène.

2. La viscosité a une autre action importante sur le phénomène de la fluorescence : elle influe sur la durée moyenne de l'état critique dans lequel la molécule subsiste entre l'instant où elle absorbe et celui où elle réémet, et par suite sur la durée de la luminescence après qu'a cessé l'excitation.

Tandis que les solutions aqueuses des corps fluorescents cessent de luire en un temps trop court pour être observé quand on supprime l'excitation (Wood), les solutions solides de ces mêmes corps dans la gélatine présentent en général des phosphorescences brèves, mais facilement décelables au phosphoroscope (Wiedemann) (³).

J'ai retrouvé ces phosphorescences avec mes solutions vitreuses (plus certainement homogènes que les solutions colloïdales sèches de Wiedemann). La rhodamine, notamment, a une phosphorescence relativement

---

(¹) JEAN PERRIN, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1978.

(²) Le sulfate neutre n'est pas fluorescent à l'état solide, probablement à cause de la présence dans chaque molécule de deux groupements quinine très voisins qui se protègent l'un l'autre.

(³) E. WIEDEMANN, *Wied. Ann.*, t. 34, 1888, p. 448.

très durable (décroissance de moitié environ en trois quarts de seconde). J'ai alors étudié des cas intermédiaires, et j'ai reconnu que les phosphorescences apparaissent pour certaines substances dans des solutions visqueuses, mais encore franchement liquides. Par exemple l'éosine, l'érythrosine et la rhodamine en solution dans la glycérine ordinaire montrent des phosphorescences durant de $\frac{1}{500}$ à $\frac{1}{100}$ de seconde. Pour l'éosine j'ai observé encore une phosphorescence de l'ordre du millième de seconde pour une solution au vingt-millième dans un mélange déjà très fluide de 70 pour 100 de glycérine et de 30 pour 100 d'eau.

En même temps j'ai pu mettre en évidence une influence de la concentration sur la durée moyenne de l'état critique : Comme M. Jean Perrin avait été amené à le supposer à la suite de ses mesures sur les vitesses de réactions photochimiques des corps fluorescents, cette durée moyenne diminue lorsque la concentration augmente. Par exemple, pour des solutions d'éosine dans la glycérine, la durée de phosphorescence qui est d'environ un centième de seconde pour une solution au vingt-millième, devient inférieure au millième de seconde pour une solution au centième (encore très fluorescente).

Ceci conduit à penser, en développant une idée déjà indiquée par Wiedemann, que la viscosité intervient seulement en gênant la diffusion : une molécule isolée peut subsister un temps très long dans l'état critique, mais elle retombe presque instantanément à l'état normal lorsqu'une molécule de même espèce vient passer suffisamment près. Si la dilution n'est pas extrêmement grande et si la viscosité est faible, toute molécule se trouve approchée par une molécule semblable, même en un temps très court et aucune molécule ne peut subsister longtemps dans l'état critique. Il me paraît probable que des solutions aqueuses très étendues (10^{-8} ou 10^{-9}) donneraient lieu à des phosphorescences observables, mais pour avoir une quantité de lumière suffisante il est nécessaire d'opérer avec des cuves très profondes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'oxydation de la chromite et la préparation des chromates*. Note de M. **Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

La chromite ou fer chromé correspondant à la formule théorique Cr^2O^3FeO est le seul minerai utilisé dans l'industrie du chrome.

Grillée en poudre très fine en présence de certains corps, la chromite s'oxyde pour former des chromates qui servent de point de départ dans la préparation de tous les sels de chrome.

Nous résumerons ici les résultats de nos recherches sur les conditions exactes dans lesquelles on doit opérer le grillage de ce minerai pour arriver à une oxydation aussi complète que possible.

Nous nous sommes servis du minerai de Nouvelle-Calédonie, contenant près de 52 pour 100 de Cr^2O^3 et 12 pour 100 de FeO et Fe^2O^3.

Ce minerai après broyage au tamis 200 était mélangé avec des fondants en poudre, puis grillé dans de petites nacelles chauffées au moyen d'un four à tube.

Fondants et leurs proportions. — On sait que la chromite grillée seule ne s'oxyde presque pas. Additionné de chaux, ce minerai subit une oxydation qui d'ailleurs n'est jamais complète quelles que soient la proportion de chaux et la durée du grillage.

Il en est de même quand le grillage est opéré en présence des sels alcalins seulement, tels que carbonates, chlorures ou sulfates.

Dans aucune de nos expériences, nous n'avons pu transformer en chromate plus de 50 pour 100 de Cr^2O^3 contenus dans ces mélanges.

Le grillage change d'allure quand le minerai est additionné à la fois de chaux et d'un sel alcalin, pris dans des proportions convenables. Celles-ci doivent être définies expérimentalement pour chaque espèce de minerai. Elles varient d'ailleurs suivant les conditions de grillage.

Avec le minerai que nous avons utilisé, il faut prendre plus de 60 parties de chaux et plus de 25 parties de carbonate de soude pour 100^g de minerai pour obtenir une oxydation quelque peu satisfaisante (rendement proche de 90 pour 100). D'autre part, les proportions de fondants doivent être telles que le mélange ne fonde pas complètement, ne s'agglomère pas et reste toujours un peu mou et poreux pendant toute la durée du grillage.

Action de la température. — Des mélanges composés de 100^g de minerai, 100 parties de chaux et 70 parties de carbonate de soude ont été grillés pendant une heure à des températures différentes. Le tableau ci-dessous montre les résultats obtenus :

Températures	550°.	600°.	650°.	800°.	900°.	1200°.
Proportion de Cr^2O^2 pour 100 transformé en chromate	traces	30	51	90	97	7

Bref, le rendement en chromate, qui croît tout d'abord avec la tempéra-

ture, diminue ensuite quand celle-ci dépasse 1100°. A 1300°, la décomposition des chromates est complète.

Durée de grillage. — A la température optima (900°) l'oxydation est très rapide. Voici les chiffres que nous avons constatés pour des mélanges identiques aux précédents, grillés pendant des temps différents à 900° :

Durée du grillage en minutes	15	30	45	60	120
Rendement en chromate pour 100	80	92	94	97	97,5

Ces résultats se rapportent aux épaisseurs de couches grillées de 2-3^{mm}. Dans des fours industriels, où l'épaisseur de la couche est au moins 50 fois supérieure, la durée de grillage sera plus longue. Cependant l'allure de l'oxydation restera la même : rapide au début, elle devient très lente ensuite.

On a proposé de remplacer la chaux par le carbonate de calcium, et le carbonate de soude par le chlorure ou le sulfate. On trouve ci-dessous les résultats que nous avons obtenus sur des mélanges composés de 100 parties de minerai, 70 parties de sel alcalin et 100 parties de chaux vive ou de carbonate, grillés à 900° pendant une heure.

Mélanges	$Co^3Na^2 + Co^3Ca$.	$CaO + NaCl$.	$CaO + SO^4Na^2$.	$CaO + Co^3Na^2$
Rendements pour 100	99	58	70	97

Ainsi donc c'est le mélange de carbonates qui donne l'oxydation la plus rapide. Le carbonate de soude fondu est un désagrégeant plus actif que le chlorure ou le sulfate.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le fractionnement thermique des produits gazeux de la pyrogénation de quelques composés définis.* Note (¹) de M. **P. Lebeau**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Le procédé de fractionnement thermique des produits gazeux de la carbonisation des combustibles solides, que nous avons antérieurement décrit (²) et dont l'application a déjà été faite à l'étude d'un assez grand nombre de ces matières (³), conduit à des résultats remarquablement comparables. Malgré les difficultés, que présente parfois la préparation d'un

(¹) Séance du 23 juin 1924.

(²) P. Lebeau, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 319 et 458, et t. 178, 1924, p. 391.

(³) P. Lebeau et P. Marmasse, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 210.

échantillon moyen de faible poids, un gramme environ, les courbes représentant le fractionnement thermique des gaz de carbonisation, pour un même combustible, diffèrent très peu entre elles. La concordance des résultats a été rendue encore plus parfaite, par l'adjonction à notre appareil primitif, d'un régulateur automatique de température.

Dans les courbes des figures 1 et 2, on a porté en abscisses les températures du fractionnement et les ordonnées représentent les volumes gazeux extraits. Les courbes I et I′ (*fig.* 1) se rapportent à deux opérations diffé-

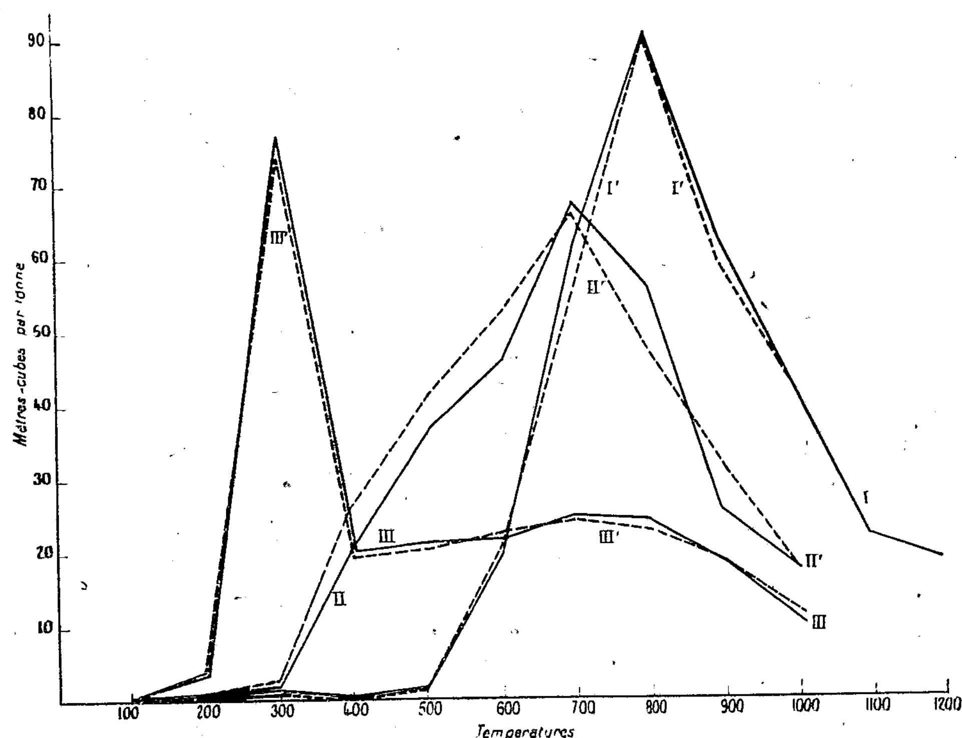


Fig. 1.

rentes de fractionnement des gaz de carbonisation d'un anthracite du Pays de Galles, elles sont presque entièrement superposables. Les courbes II et II′, représentant deux fractionnements d'un lignite de Manosque-Fuveau, montrent que dans le cas de matières moins homogènes, les résultats restent encore très satisfaisants. Cette concordance, observée dans toutes nos déterminations, nous a autorisés à penser que l'application du fractionnement

thermique des gaz à l'étude de la pyrogénation des composés organiques non volatils donnerait des résultats encore plus précis. Les courbes III et III', qui figurent la pyrogénation de l'amidon, sont démonstratives à cet égard.

Nous avons étendu cette étude à un certain nombre de composés organiques susceptibles de se carboniser et nous avons eu la satisfaction de constater que les courbes représentatives du fractionnement des produits gazeux de leur pyrogénation étaient en relation étroite avec leur nature et même avec leur constitution. Nous avons réuni, dans la figure 2, les courbes se rapportant à l'amidon, au glucose, au saccharose et à la caséine.

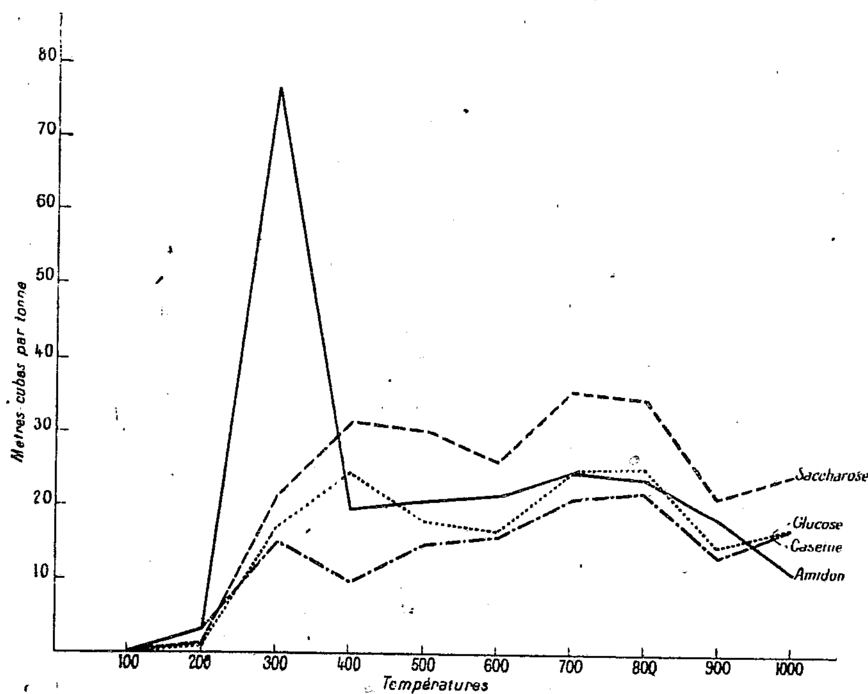


Fig. 2.

Ces courbes sont nettement différenciées de celles fournies par les autres composés, que nous avons pu étudier jusqu'ici : lactose, galactose, stachyose, amygdaline, albumine d'œuf, cellulose du coton, lignine de la paille de seigle, sont aussi caractéristiques. Pour les deux sucres : glucose et saccharose, les courbes montrent un parallélisme imposé par des constitutions comparables. La différence des grandeurs moléculaires est ici marquée par un dégagement gazeux beaucoup plus abondant pour le saccharose que pour le glucose.

L'analyse des mélanges gazeux, extraits à chaque température du fractionnement, permet de constater l'apparition de leurs divers constituants et d'en suivre le dégagement. D'utiles indications sont ainsi recueillies.

En résumé, le fractionnement thermique des produits gazeux de la carbonisation, appliqué à l'étude de la pyrogénation des composés organiques non volatils, apporte une documentation intéressante pour l'histoire chimique de ces corps. Elle est en outre susceptible de fournir des renseignements précieux sur la nature des composés organiques à poids moléculaires élevés, dont la constitution nous est encore imparfaitement connue. Ces résultats font de plus ressortir la valeur de la méthode pour l'examen des combustibles solides.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sulfonation du fluorène*. Note de MM. **Ch. Courtot** et **R. Geoffroy**, présentée par M. A. Haller.

Des cinq monosulfofluorènes théoriquement possibles, un seul a été décrit avec quelque précision par Hodgkinson et Matthews ([1]) en 1883. Ils le considèrent comme un 2-sulfofluorène (form. I) sans cependant donner une démonstration rigoureuse. Ces auteurs obtiennent ce composé par action de la chlorhydrine sulfurique sur le fluorène. Nous avons repris cette préparation, et sans insister ici sur les divergences observées quant à la teneur en eau de cristallisation de certains sels et sur leurs solubilités, nous dirons que nous avons obtenu ce sulfofluorène non plus à l'état gommeux, mais bien cristallisé, en feuillets argentés f. 154°-155°; il a été caractérisé par son sulfochlorure f. 164° et sa sulfamide f. 211°.

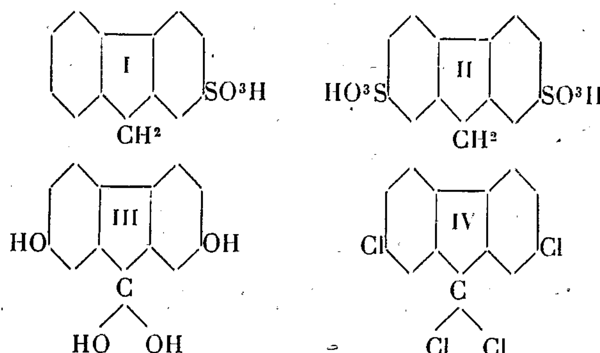
Ce dérivé monosulfoné donne par sulfonation à froid, soit par la chlorhydrine sulfurique, soit par l'acide sulfurique à 95 pour 100, un dérivé disulfoné unique, identique au disulfofluorène α obtenu par Schmidt, Retzlaff et Haid en 1912 ([2]) en traitant le fluorène par l'acide sulfurique concentré à 80-85°. Dans les deux cas, le disulfofluorène conduit à un disulfochlorure f. 225°-226° et à une disulfamide f. 305°.

La constitution du dérivé disulfoné, et par suite celle du dérivé monosulfoné se déduisait, jusqu'à présent, des travaux de Griess, Strecker, Schultz, Schmidt, Retzlaff et Haid. C'est un dérivé 2-7 (form. II). Ce disulfofluorène, fondu avec les alcalis, donne un dérivé tétrahydroxylé

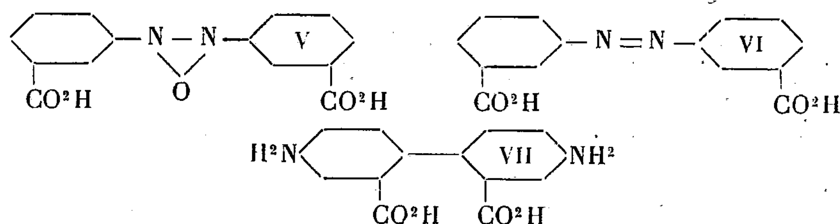
([1]) *Chem. Soc.*, t. **43**, 1883, p. 163.

([2]) *Lieb. Ann.*, t. **390**, 1912, p. 210.

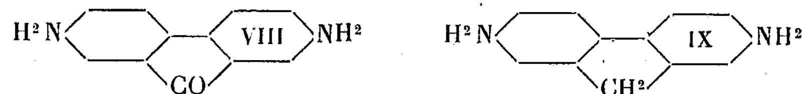
(form. III) qui, traité à fond par PCl^5, donne un dérivé tétrachloré (form. IV). Or, ce même dérivé tétrachloré s'obtient par action du PCl^5 sur la dinitrofluorénone qui est dinitrée en 2-7 [1].



En effet, par condensation de l'acide métanitrobenzoïque, Griess [2] obtient l'azoxybenzènedicarbonique (form. V) et Strecker [3] l'azobenzènedicarbonique (form. VI). Ces deux acides, réduits, conduisent à l'acide diaminodiphényldicarbonique par transposition benzidinique (form. VII) :



Les groupes NH^2 sont bien en para de la liaison diphénylique et, par suite, les groupes CO^2H en ortho de cette liaison puisque cet acide, chauffé en présence de baryte caustique, donne de la benzidine dont la constitution a été démontrée par les travaux de Schultz [4]. D'autre part, à côté de benzidine, Schultz obtient du diaminofluorène (form. IX) : il se forme de la diaminodiphénylcétone (form. VIII) qui est réduite par de l'hydrogène provenant d'une décomposition partielle :



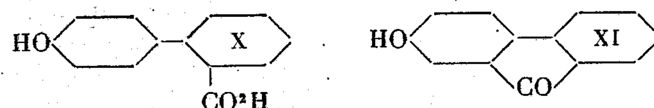
---

(1) *Ber.*, t. 29, 1896, p. 232, et *Lieb. Ann.*, t. 387, 1912, p. 160.
(2) *Lieb. Ann.*, t. 131, 1864, p. 92.
(3) *Lieb. Ann.*, t. 129, 1864, p. 133.
(4) *Lieb. Ann.*, t. 174, 1874, p. 227, et t. 203, 1880, p. 102.

Or le dinitrofluorène, obtenu par nitration directe du fluorène, donne d'une part, par réduction, ce même diaminofluorène et d'autre part, par oxydation, la dinitrofluorénone. Ces dérivés sont donc 2.7 et, par suite, le disulfofluorène est 2.7. Le monosulfofluorène a son groupe sulfo en 2 ou en 7, ce qui est la même chose, étant donnée la symétrie de la molécule.

Cette démonstration est complète. Nous en avons cherché une plus simple et, après des essais infructueux dans plusieurs voies, nous avons abouti à celle-ci :

Le monosulfofluorène (f. 154-155°), oxydé à froid par MnO^4K, donne la sulfofluorénone (sel de K jaune d'or; sulfochlorure, f. 192°; oxime jaune citron). Cette sulfofluorénone, fondue avec la soude à 300°, donne de l'acide hydroxydiphénylcarbonique (form. X) f. 206°, dont la constitution est établie par Graebe ([1]). Par cyclisation avec H^2SO^4, concentré à froid, on obtient l'hydroxyfluorénone rouge, f. 211° (form. XI) :



L'acide hydroxydiphénylcarbonique, chauffé avec de la chaux, conduit au parahydroxydiphényle f. 161°, dérivé acétylé f. 87°. Le groupe OH et par suite le groupe sulfo qui lui a donné naissance est en para de la liaison diphénylique. Le sulfofluorène f. 154°-155°, est donc un 2-sulfofluorène ([2]).

De même le disulfofluorène obtenu par sulfuration ultérieure de ce monosulfo donne par oxydation ménagée la disulfofluorénone identique à celle de Schmidt et Schultz ([3]).

[Disulfochlorure f. 321°. Oxime jaune citron]. Par fusion alcaline, cette cétone conduit à l'acide dihydroxydiphénylcarbonique f. 280° (corr.). Celui-ci perd facilement CO^2 pour donner le *p.p'*-dihydroxydiphényle f. 274° (corr.), dérivé diacétylé f. 163°-164° (corr.).

Dans ces deux démonstrations, on a recours à des fusions alcalines. Il reste par suite à établir qu'il ne se produit pas, à ce moment, une transpo-

---

([1]) *Lieb. Ann.*, t. 284, 1895, p. 323.

([2]) Récemment, Wedekind et Stüsser ont obtenu un sulfofluorène par action de l'anhydride acétique + H^2SO^4 sur le fluorène. Le sulfochlorure correspoudant f. 157°-158° est probablement du 2-sulfochlorure de fluorène impur (*Ber.*, t. 56, 1923, p. 1557).

([3]) *Lieb. Ann.*, t. 207, 1881, p. 345.

sition du groupe sulfoné. Or, en chauffant la disulfofluorénone avec PCl^5 à 180°, on obtient un 2.7.9.9-tétrachlorofluorène identique à celui préparé par action du PCl^5 sur la 2.7-dinitrofluorénone.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur la propagation des ondes sismiques au voisinage de l'origine.* Note [1] de MM. **Maurain**, **Eblé**, **Labrouste**, **Mouronval** et **Escher-Desrivières**, présentée par M. Bigourdan.

Nous avons utilisé les explosions qui ont eu lieu récemment au camp de La Courtine pour étudier la propagation par le sol des ondes issues de ces explosions. A cet effet nous avons établi dans les caves des bureaux de Postes de La Courtine, Felletin et Ussel trois stations munies de sismographes; ces stations étaient reliées par un circuit électrique, en vue de l'enregistrement de l'heure et de divers signaux sur les papiers des sismographes.

Les appareils utilisés étaient : à La Courtine, un sismographe à ressorts à trois composantes indépendantes, à enregistrement optique, étudié et construit (J. Richard) à l'occasion de ces expériences, et qui sera décrit ultérieurement; à Felletin et à Ussel, des sismographes S. O. M. à pendule horizontal, avec masses de 450^{kg}, à deux composantes horizontales indépendantes. Dans chaque poste les composantes horizontales étaient l'une dans la direction de l'emplacement des explosions, l'autre dans la direction perpendiculaire.

Il a été fait quatre explosions, la deuxième et la quatrième au même emplacement (lat. 45°45′51″; long. 0°6′41″ W de Paris), la première et la troisième en des emplacements très voisins et distants d'environ 2100^m du précédent (première, 45°44′54″ et 0°5′41″; troisième, 45°44′54″ et 0°5′43″). Les trois postes étaient sensiblement en ligne droite avec l'emplacement des explosions, La Courtine et Ussel vers le Sud, Felletin vers le Nord. Leurs distances aux emplacements des explosions étaient :

	La Courtine.	Felletin.	Ussel.
Première et troisième explosions......	5590^m	15920^m	22900^m
Deuxième et quatrième explosions......	7660^m	13880^m	24910^m

L'étude des graphiques obtenus et les calculs correspondants ont été

---

[1] Séance du 23 juin 1924.

faits de manière indépendante; le détail et la discussion en seront donnés ailleurs. Voici les résultats relatifs à la vitesse de propagation des ondes.

La Courtine. — On a constaté l'arrivée de trois sortes d'ondes que nous désignerons, par analogie avec les symboles adoptés en sismologie, par P, S et L. En général l'enregistrement de la composante horizontale a décelé P et L, celui de la composante transversale S et L, celui de la composante verticale P et L, et une fois P, S et L.

Les valeurs obtenues pour les vitesses sont, en supposant que la propagation s'est faite en ligne droite au voisinage de la surface, en mètres par seconde :

	Première explosion.	Deuxième explosion.	Troisième explosion.	Quatrième explosion.
P..................	6200	»	5610	4940
S..................	3990	»	4005	»
L..................	2940	2640	2950	2600

Tous les diagrammes indiquent, un certain nombre de secondes après ces ondes sismiques, des mouvements plus amples, qui proviennent certainement de l'arrivée d'ondes aériennes; en effet, les vitesses de propagation correspondant au début de ce quatrième enregistrement sont 351, 340, 346 et 346 m/sec. Il est intéressant de noter que le début de ces ébranlements est, pour les quatre explosions, en avance sur le moment où l'on a pointé l'audition des explosions, l'avance étant en moyenne de $0^s,6$. Il semble difficile d'admettre que le temps de réaction correspondant au pointage de l'audition permette d'expliquer ce décalage. On peut supposer que les sismographes indiquent l'arrivée d'une onde aérienne non sonore, à la suite de laquelle arrivent des ondes de période telle qu'elles soient sensibles à l'oreille. En tout cas, les sismographes décèlent de manière très nette l'arrivée d'ondes aériennes, probablement comme conséquence de l'ébranlement de l'immeuble par ces ondes.

Felletin. — Le sismographe donnant la composante longitudinale était à enregistrement optique; il a décelé les ondes P et L; l'autre, à enregistrement mécanique ordinaire sur noir de fumée, a donné seulement les L avec netteté. Les résultats suivants, relatifs aux vitesses, se rapportent seulement aux deuxième et quatrième explosions, la détermination du temps lors de la première n'ayant pas été suffisamment précise, et un accident ayant troublé l'enregistrement de la troisième.

	Deuxième explosion.	Quatrième explosion.
P.............	5320	5550
L.............	2710	2670

L'arrivée d'une onde aérienne a été marquée très nettement lors de la deuxième explosion ; elle correspond à une vitesse de propagation de 341 m : sec.

Ussel. — Les deux sismographes étaient à enregistrement mécanique sur noir de fumée. Les ondes L ont été enregistrées sur les deux composantes dans toutes les expériences ; les P ont été enregistrées sur la composante longitudinale à la quatrième expérience ; les S ne sont pas décelées de manière nette. Les valeurs suivantes des vitesses se rapportent aux troisième et quatrième expériences, la détermination du temps dans les deux autres n'étant pas suffisamment précise.

	Troisième explosion.	Quatrième explosion.
P...........	»	7220
L............	3200	2700

L'arrivée d'une onde aérienne a été enregistrée dans ces deux expériences sur les deux composantes; les valeurs correspondantes de la vitesse ont été 337 m/sec. pour la troisième expérience et $340^{m},5$ pour la quatrième.

On peut remarquer que les valeurs obtenues pour les vitesses se groupent assez bien d'une part pour les première et troisième explosions dont les emplacements étaient très voisins (distance 50^{m}), d'autre part pour les deuxième et quatrième, qui avaient le même emplacement (à l'exception de la valeur un peu aberrante 7220) : les vitesses du premier groupe (moyennes : P, 5905; S, 4000; L, 3030) sont un peu plus grandes que celles du deuxième (moyennes : P, 5270; L, 2660). En examinant la carte géologique de la région, établie par M. de Launay, on voit que les trajectoires du premier groupe sont comprises surtout en terrain granitique, où sont les emplacements des explosions, alors que les trajectoires du deuxième groupe comprennent beaucoup de gneiss, terrain qui renfermait l'emplacement des explosions. Cela est particulièrement net pour les trajectoires correspondant au poste de La Courtine, pour lequel la séparation des vitesses en deux groupes est bien marquée. On peut donc supposer que les différences observées proviennent de ce que les vitesses de propagation sont plus grandes dans le granite que dans le gneiss, lequel, comme nous l'a fait observer M. Léon Bertrand, a dans cette région sa schistosité à peu près parallèle aux directions de propagation.

Les valeurs obtenues pour la vitesse des ondes P et L sont assez notablement plus faibles que les valeurs 7000 et 3500 admises généralement pour les vitesses des ondes sismiques P et L au voisinage du sol d'après l'extrapolation des valeurs déduites de l'étude de séismes lointains.

HYDROLOGIE. — *Sur l'hydrologie souterraine.* Note de M. F. **Diénert.**

On sait que la circulation souterraine dans les terrains calcaires se fait principalement par les fissures de la roche. Certains géologues ont tendance à limiter la présence de ces fissures aux parties superficielles des terrains sédimentaires tandis que les couches profondes en seraient dépourvues.

L'expérience ne confirme pas cette hypothèse et les travaux entrepris en tunnel pour le passage des lignes de chemin de fer ont montré la présence de fissures donnant de l'eau à une profondeur de plus de 300^{m} au-dessous des émergences naturelles des terrains traversés.

Il y aurait grand intérêt, au point de vue hydrologique, à étudier d'une façon approfondie la circulation souterraine des eaux venant ainsi déboucher par des fissures très profondes à la suite de travaux d'art.

Les résultats obtenus viendraient apporter quelques éclaircissements sur les réserves d'eau souterraine et montrer qu'en dessous de la zone des très grosses fissures pouvant donner naissance à des rivières souterraines, existe des zones étendues de petites fissures remplies d'eau dans lesquelles la circulation se fait bien plus lentement.

Pour ces expériences on doit employer des matières colorantes; mais comme la circulation souterraine est généralement très lente, si l'on ne veut pas risquer d'attendre trop longtemps, la disparition complète de la matière colorante d'une première expérience pour en commenter une autre, il est utile d'avoir à sa disposition diverses matières colorantes qui pourront être employées simultanément.

Comme matières colorantes on doit employer en premier lieu la fluorescéine, puis la fuchsine acide, ensuite le violet sulfo, enfin le bleu carmin. Ces quatre substances ne sont pas arrêtées par le sol.

Les moyens de recherche de la fluorescéine permettent de retrouver cette substance à la dose du 1 : 100 000 000 000 (10^{-11}) en concentrant celle-ci soit sur du sable en milieu acide, soit dans l'éther (méthode Lombard) également en milieu acide. En traitant l'éther ou le sable par de l'ammoniaque on redissout la fluorescéine dans l'eau et en l'examinant à l'arc électrique on la décèle facilement.

La recherche des autres matières colorantes est plus délicate, parce qu'on ne peut les reconnaître qu'en les introduisant dans des éprouvettes d'au moins 50^{cm^3}. Elles ne sont alors décelables qu'à la dose de 1 : 50 000 000.

Dans toutes ces expériences, en employant des doses raisonnables de matière colorante allant cependant jusqu'à 50^{kg} quelquefois, ces matières colorantes ne se trouvent qu'à une dose de 10^{-9} ou 10^{-10}.

Pour les déceler il faut alors concentrer l'eau.

On ne peut le faire à l'air libre parce que toutes ces substances s'oxydent dans ces conditions. Il faut opérer dans le vide après avoir au préalable fait passer un courant de gaz CO^2 pour chasser l'air du liquide avant chauffage. Pour régulariser l'évaporation dans le vide on fait arriver bulle à bulle, du gaz carbonique par un tube capillaire.

Quand on a un mélange de fluorescéine et de fuchsine, on traite le liquide évaporé et refroidi par l'éther en milieu acide. On enlève la fluorescéine et l'on a un liquide rosé dans lequel on peut doser la fuchsine. Si l'on a fait une troisième expérience avec le violet sulfo et qu'il reste de la fuchsine, on élimine celle-ci en traitant l'eau évaporée par l'eau oxygénée en milieu acide qui n'altère pas le violet sulfo.

Si l'on a un mélange de fuchsine, de violet sulfo et de bleu carmin, on traite le mélange par l'ammoniaque qui n'altère pas le bleu carmin. On élimine ainsi les matières colorantes provenant des expériences précédentes.

On peut, par ce moyen, faire quatre expériences successives. S'il faut en faire une cinquième, il faudra quelquefois attendre pour réemployer la fluorescéine que celle-ci ait disparu, souvent deux ans après la première expérience, l'expérience montrant que ces eaux restent colorées très longtemps.

CHIMIE AGRICOLE. — *Influence de la chaleur sur la surface totale offerte par les éléments du sol.* Note de M. **Ladislas Smolik**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

La surface totale offerte par les éléments d'un sol n'est pas une constante pour ce sol. Beaucoup de facteurs, tels que la végétation, la température, la gelée, la dessiccation, l'addition des engrais et toutes les façons, changent cette surface, ce qui retentit d'une manière importante sur la qualité du sol.

Nous allons étudier ceux de ces changements qui sont dus à l'action de la température [1]. Nous les mesurerons en nous fondant sur l'hygroscopicité d'après Rodewald-Mitscherlich [2].

---

(1) Th. Schlœsing père, *Influence de la température sur l'hygroscopicité de la terre végétale* (*Comptes rendus*, t. 99, 1884, p. 215).

(2) *Bodenkunde*, 1920. — L'hygroscopicité est ici représentée par le poids de l'eau

Nous avons choisi deux échantillons, nos 1 et 2, d'une terre arable de faible teneur en humus, brune, et une tourbe de Zdar. La constitution physique des échantillons nos 1 et 2 était la suivante :

Dimensions des éléments en millimètres [1].	N° 1.	N° 2.
2,0 -0,1	6,30	6,20
0,1 -0,05	5,00	4,94
0,05-0,01	45,92	45,60
Inférieures à 0,01	42,78	43,29
	100,00	100,00

On a déterminé l'hygroscopicité de la terre fraîche (non desséchée) et de la même terre desséchée à l'air libre, desséchée à 50°, 100° et 150° C. Les résultats obtenus figurent dans le tableau suivant :

	Terre n° 1.			Terre n° 2.		
	Humidité pour 100 de terre sèche.	Hygroscopicité p. 100 de terre sèche.		Humidité pour 100 de terre sèche.	Hygroscopicité p. 100 de terre sèche.	
Terre fraîche	21,880	6,769	100,0	21,376	6,449	100
Terre desséchée à l'air.	2,771	5,756	85,0	2,795	5,737	88,9
Desséchée à 50°C.	0,845	5,674	83,8	0,976	5,689	88,2
» à 100°C.	0	5,406	79,9	0	5,328	82,6
» à 150°C. [2].	0,553	5,112	75,7	0,465	5,086	78,9

	Tourbe		
	Humidité pour 100 de terre sèche.	Hygroscopicité pour 100 de terre sèche.	
Fraîche	123,110	48,406	100,0
Desséchée à 50°C.	3,724	31,009	64,0
» à 100°C.	0	28,910	59,7
» à 150°C. [3]	4,837	16,450	33,9

La diminution de la surface totale des particules terreuses par l'action de la température est très importante pour la pratique, surtout à 50°. Elle est indiquée par la réduction de l'hygroscopicité, réduction qui peut s'expliquer par une floculation partielle. Par là peut-être il est possible de

(pour 100 de terre sèche) contenu dans la terre lorsque celle-ci est en équilibre d'humidité en présence de la vapeur d'eau émise (sous une cloche, dans le vide) par de l'acide sulfurique à 10 pour 100 de SO^4H^2.

[1] D'après Kopecky.

[2] Perte de l'humus, de l'eau chimique, etc.

comprendre pourquoi les praticiens obtiennent des rendements plus élevés après les étés extrêmement chauds et secs. Si la surface des particules, qui est le siège d'actions superficielles et notamment du pouvoir absorbant, décroît (¹), les substances nutritives sont mises en liberté et la fertilité du sol augmente. A.-F. Gustafson, König et Hasenbäumer ont trouvé que la proportion des sels solubles du sol dans l'eau s'élève avec la température à laquelle la terre a été exposée. A. Lebediantzeff a montré dans ces circonstances l'accroissement de la fertilité directement par ses expériences de culture (²). On voit qu'on peut aussi y faire intervenir la considération de la surface totale des éléments.

L'influence de la température sur les particules terreuses de diverses dimensions et humidités est mise en évidence dans le tableau ci-après :

Dimensions des éléments en millimètres.	Humidité après le même temps d'exposition à l'air libre, pour 100 de matières sèches.	Hygroscopicité des éléments desséchés à l'air libre.	Hygroscopicité des éléments soumis à la dessiccation absolue.	Différence.
2,1 - 0,1	0,430	1,029	1,004	0,025
0,1 - 0,05	0,489	0,987	0,947	0,039
0,05 - 0,01	0,660	1,653	1,446	0,207
Inférieures à 0,01	4,576	11,370	10,720	0,650

Après avoir desséché la terre nº 1 à l'air libre, on l'a exposée, au dehors, aux gelées des 23-28 novembre 1923. Le thermomètre a indiqué les minima de température suivants :

	°C.
24 novembre	— 6,5
25 »	—10,5
26 »	— 4,7
27 »	0
28 »	— 3,5

Puis, dans le laboratoire, on a divisé la terre donnée en deux parties. L'une a été humectée par de l'eau distillée et toutes les deux (séchée et

(¹) La détermination du pouvoir absorbant, d'après Fesca, a donné pour la terre nº 2: terre fraîche, 569^{mg},24 NH^4Cl pour 100 de terre sèche (hygroscopicité 6,449); terre séchée à 100°, 476^{mg},82 NH^4Cl pour 100 de terre sèche (hygroscopicité 5,328). L'hygroscopicité diminuant, le pouvoir absorbant a diminué.

(²) A. Lebediantzeff, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 793, 960, 1091 et 1381; et Gustafson, *Soil Science*, 1922; König et Hasenbäumer, *Landw. Jahrbüch*, 1920.

humectée) ont été ensuite exposées encore une fois à une gelée artificielle de —25°C. durant 45 minutes; après quoi on a déterminé l'hygroscopicité. Voici les résultats obtenus :

TERRE n° 1.

a. Non humectée. État de la terre.	Hygroscopicité.	*b.* Humectée avec de l'eau (41, 46 pour 100). État de la terre.	Hygroscopicité
Séchée à l'air et non gelée.....	5,756	Humectée, non gelée.........	6,256
La même terre, mais gelée.....	5,705	Humectée, gelée	6,526
Gelée et puis séchée à 50°C...	5,942	Humectée, gelée et séchée à 50°C.	5,467
Gelée et puis séchée à 100°C...	5,672	Humectée, gelée et séchée à 100°C.	5,411
Gelée et puis séchée à 150°C...	5,107		

Sous l'action de la gelée, la terre non humectée n'a pas changé sensiblement quant à son hygroscopicité. Au contraire, dans le sol qui a été humecté, nous trouvons un accroissement de l'eau hygroscopique très considérable. Il est possible que le degré d'humectation influe sur la variation de l'hygroscopicité, c'est-à-dire de la surface totale des éléments.

HÉMATOLOGIE. — *Qu'est-ce qu'un hémohistoblaste?* Note de M. L.-M. **Bétancès**, présentée par M. Henneguy.

Depuis que Ferrata a créé le nom d'hémohistoblaste et que dans sa technique il a décrit la forme de cette cellule, on a trouvé partout des hémohistoblastes. Pour éviter de fâcheuses interprétations, il me faut donner quelques précisions et ajouter à ma Note antérieure ([1]) que l'on doit considérer comme hémohistoblaste toute cellule mésodermique extra-embryonnaire, mésenchymateuse ou conjonctive dans un sens général, capable de se différencier en cellule hématique et en cellule fixe. Toute autre cellule, même si elle dérive des antérieures, n'ayant pas cette potentialité polyblastique, n'est pas un hémohistoblaste, mais simplement une cellule qui en dérive.

Lorsqu'on colore panoptiquement des coupes en série d'œufs de lapin, cobaye, poulet de 9 et 14 jours et 36 heures respectivement, on constate, dans les îlots et vaisseaux de l'aire vasculaire, des formes cellulaires qui montrent que la cellule mésodermique paraît se libérer de ses connexiones

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 337.

soit par clasmatose, soit par lysis partielle de ces connexions et rétraction ou condensation de la partie restante de son cytoplasme; elle reste arrondie avec un cytoplasme relativement étroit, un noyau à quelques fins grains ou filaments très faiblement colorés et un ou deux nucléoles basocyanophiles. D'autres formes montrent que des cellules ainsi constituées qui restent isolées à l'intérieur d'un vaisseau, la plupart d'entre elles se gonflent, augmentent de volume, deviennent sphériques, les grains ou les filaments du noyau sont plus grossiers et plus abondants, les nucléoles sont moins basocyanophiles ou disparaissent, et les cytoplasmes deviennent plus fortement basophiles et parfois vacuolés. Ce dernier processus paraît commencer parfois avant même que la cellule soit complètement libérée. En plus de ces formes, on en trouve d'autres, dans des vaisseaux complètement formés, sphériques à noyau avec une soi-disant chromatine plus nette ou plus grossière, avec ou sans nucléoles et un cytoplasme encore gonflé, mais polychromatique ou moins gonflé et faiblement basocyanophile. Dans des stades plus avancés on trouve encore dans les vaisseaux extra-embryonnaires les formes bien connues de la cellule nettement hémoglobique et, parmi toutes ces cellules antérieures, on trouve les formes qui représentent leurs stades de division.

En dehors des vaisseaux il existe la cellule mésodermique, la cellule endodermique, etc., et la cellule mésodermique qui constitue la paroi des vaisseaux. D'autre part, lorsqu'on prétend prélever avec une fine pipette de verre les cellules contenues dans un de ces vaisseaux en formation ou déjà formés, qu'on étale sur lame ce qu'on prélève, qu'on le fixe et qu'on colore par la méthode panoptique, on trouve dans ces préparations, parmi des cellules déformées et méconnaissables, des formes qui sont superposables à celles que nous venons de décrire, bien que les noyaux apparaissent plus colorés, les nucléoles moins basophiles et moins nets et quelques cytoplasmes un peu irréguliers à cause de l'étalement. Il serait téméraire d'affirmer que toutes ces cellules ainsi obtenues proviennent de l'intérieur d'un vaisseau de l'aire vasculaire et non en partie du tissu mésodermique extravasculaire ou du tissu ectodermique ou endodermique; d'ailleurs, les formes qu'on trouve libres à l'intérieur des vaisseaux, dans les préparations de coupes, prouvent que toutes ces cellules obtenues sur les frottis ne proviennent pas des vaisseaux. Il est hors de doute que les formes qu'on trouve dans les coupes de l'aire vasculaire représentent : 1° les cellules mésodermiques pendant leurs différents stades de différenciation vers la cellule hématique primitive qui reste libre, ronde, sans

expansions cytoplasmiques, mais avec un cytoplasme étroit, légèrement vacuolisé ou non, et avec un noyau au repos : c'est la cellule hématique primitive ou hémocytoblaste primaire; 2° le début de sa différenciation spécifique (différenciation qui peut commencer avant même que la cellule se soit complètement libérée) et les stades de division correspondants; 3° les stades de sa différenciation définitive érythrocytaire par apparition graduelle de l'hémoglobine (polychromatophilie du cytoplasme); stades de la division de ces formes, et stade final de cette différenciation par apparition plus abondante de l'hémoglobine (oxyphilie du cytoplasme); 4° état de quelques-unes de ces formes où il y a un arrêt de la différenciation spécifique par non-apparition de l'hémoglobine. Je n'ai jamais trouvé dans mes coupes, à l'intérieur d'un vaisseau de l'aire vasculaire ni ailleurs, des formes intermédiaires qui me permettent d'affirmer qu'une de ces cellules intravasculaires va constituer les cellules d'un autre tissu quelconque; il n'existe donc pas des hémohistoblastes à l'intérieur de ces vaisseaux, mais des cellules qui en dérivent directement et indirectement.

Dans les coupes d'embryons de différents âges on trouve que la cellule du mésenchyme passe par les mêmes phases que la cellule mésodermique lors de sa différenciation en cellule hématique primitive. On trouve à l'intérieur des vaisseaux sanguins les mêmes formes qui existent dans les vaisseaux extra-embryonnaires, mais où les cellules à hémoglobine sont plus abondantes et où les hémocytoblastes dérivés de la cellule mésenchymateuse subissent encore une différenciation granulocytaire, ou ils évoluent en vieillissant sans se différencier en cellules granulocytaires et érythrocytaires. On rencontre encore des formes qui représentent des cellules antérieurement décrites en voie de dégénérescence ou bien en voie de division. Dans le mésenchyme extravasculaire il existe aussi des formes qui prouvent que la cellule mésenchymateuse, avant de se libérer complètement de ses connexions, peut commencer à se différencier en une des espèces antérieures et une fois libre peut passer dans le sang. Je n'ai pas trouvé non plus à l'intérieur des vaisseaux du mésenchyme, ni dans un autre tissu, des formes qui me permettent de penser à l'évolution d'une de ces cellules libres intravasculaires vers une cellule fixe. Donc à l'intérieur des vaisseaux de l'embryon il n'existe pas d'hémohistoblastes qui se différencient de même en cellule hématique, en cellules réticulaire, endothéliale, fibreuse, etc.

Chez l'homme adulte dans certaines maladies, on peut trouver dans le sang des cellules qui par leur aspect clasmatocytoïde laissent penser qu'elles

procèdent d'un stroma où l'hémohistoblaste a subi une différenciation avant d'être complètement libéré de ses connexions, de s'être arrondi et d'être resté au repos, ce qui veut dire, avant de s'être différencié en hémocytoblaste. Ces cellules granuleuses, lymphoïdes ou monocytoïdes, ne sont pas des hémohistoblastes, mais des cellules dérivées directement de ceux-ci, c'est-à-dire des cellules histoïdes; on ne trouve jamais de telles cellules se différenciant en cellules tissulaires. On peut trouver aussi, dans ce sang étalé sur lame, des formes déformées qui peuvent conduire à des erreurs et lorsqu'on fait des frottis avec ce qu'on extrait par ponction d'une rate pathologique, je ne pense pas qu'on puisse affirmer que les vrais hémohistoblastes qu'on peut trouver dans la préparation proviennent de l'intérieur d'un vaisseau sanguin. En résumé et afin de ne plus revenir sur cette question, d'après mes observations il n'existe pas de véritables hémohistoblastes (cellules mésodermiques de l'aire vasculaire, mésenchymateuse, réticulaire, adventitielle, endothéliale de certains vaisseaux et de certaines membranes) dans le sang circulant de l'embryon ni de l'homme adulte malade. On peut y rencontrer des cellules qui dérivent d'eux directement, mais à un tel degré de différenciation qu'elles sont incapables d'avoir une fonction polyblastique.

ZOOLOGIE. — *Lignes visuelles des foveæ centrales (à vision indépendante) et des foveæ latérales (à vision associée) chez le Faucon crécerelle.* Note de M. A. **Rochon-Duvigneaud**, présentée par M. Ch. Gravier.

Nous avons démontré précédemment (1) que la fossette latérale de la rétine des Rapaces diurnes, déjà considérée comme une fovea, mais sans preuves histologiques, était bien réellement une fovea ayant les mêmes caractères que la fovea centrale, mais un peu moins riche en cellules.

C'est également sans preuves directes et sans précision aucune que certains auteurs attribuaient aux foveæ centrales une vision indépendante et aux foveæ latérales une vision associée.

Il était nécessaire de déterminer les lignes visuelles de ces diverses foveæ avant que de pouvoir conclure à leur association ou à leur indépendance.

Nous avons pu faire cette détermination en fixant au centre du péri-

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 43.

mètre (*fig.* 1) une tête de faucon crécerelle dont l'occiput a été réséqué de manière à mettre à un le segment postérieur des globes oculaires (Ch est le chiasma; FC, la fovea centrale repérée à travers la sclérotique; FL, la fovea latérale).

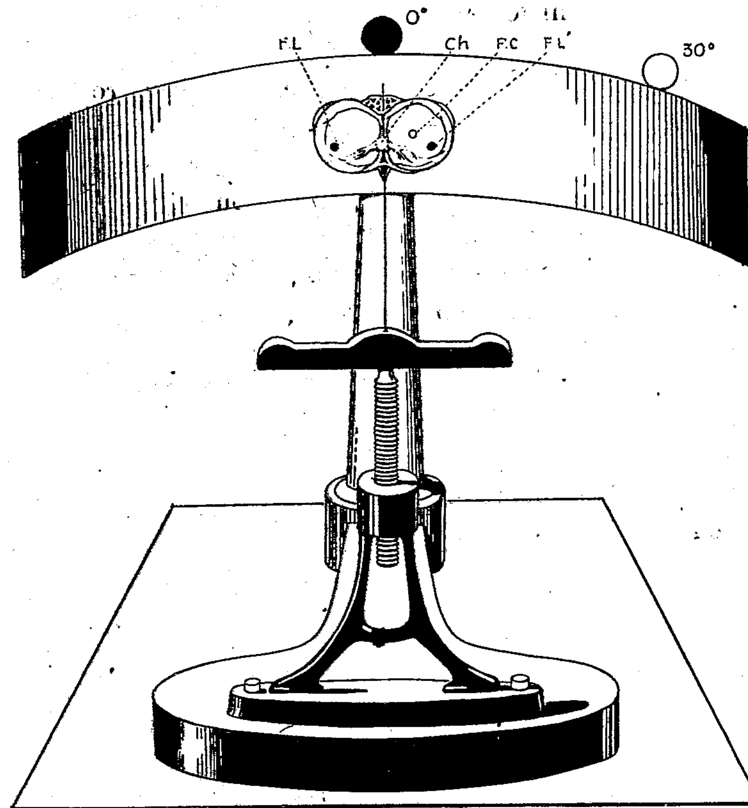


Fig. 1.

Des mensurations anatomiques précises permettent de repérer et marquer à la face postérieure de chacune des sclérotiques la position de la fovea centrale et celle de la fovea latérale.

Une ampoule électrique (disque noir) placée au 0° du périmètre forme simultanément son image sur les deux foveæ latérales (FL, FL'). Ces deux foveæ voient donc binoculairement les objets placés dans le prolongement du bec de l'oiseau, c'est-à-dire droit devant lui.

Quand l'ampoule déplacée le long du périmètre arrive à 30° à droite ou à gauche du centre (0°), son image se fait sur la fovea centrale du même côté FC.

L'oiseau de proie dont les yeux sont fixes dans la tête, donc immobiles l'un par rapport à l'autre, regarde donc par chacune de ses foveæ centrales à 30° à droite et à gauche de la ligne médiane, c'est-à-dire qu'il possède deux points de fixation latéraux indépendants, et distants l'un de l'autre de 60°. Il a donc trois points de vision nette, un central, binoculaire, deux latéraux, monoculaires. Il possède, si l'on peut dire, une sorte de *trident visuel* dans lequel les foveæ centrales lui donnent à droite et à gauche (alter-

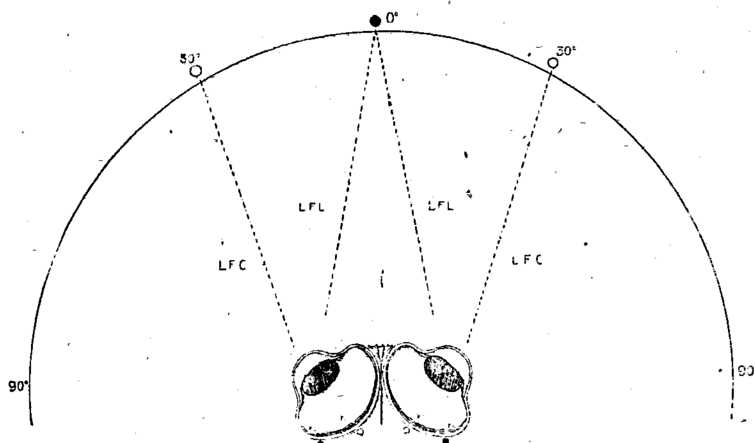


Fig. 2.

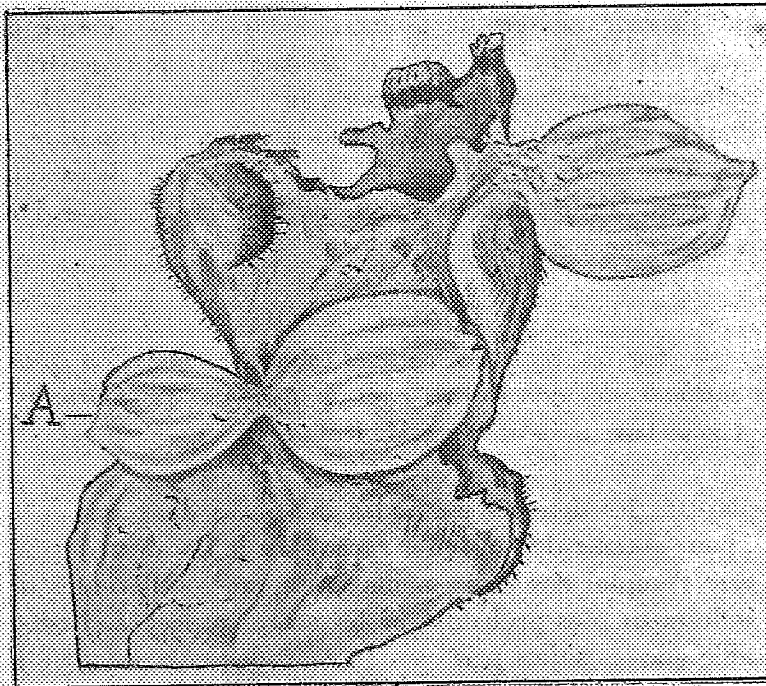
nativement ou simultanément, nous l'ignorons) deux points de vision nette, analytique (*foveæ de recherche, d'examen*), tandis que les foveæ latérales, associées pour une vision binoculaire commune, sont les *foveæ de direction* qui guident l'oiseau de proie dans sa chute rectiligne sur la proie qu'il a visée. Les hirondelles (*H. rustica*) ont également deux foveæ dans chaque rétine, disposées comme celles des Rapaces diurnes.

La figure 2 montre en coupe horizontale les deux yeux de la Crécerelle avec les lignes visuelles convergentes (L. F. L.) des foveæ latérales, et divergentes (L. F. C.) des foveæ centrales.

BIOLOGIE. — *Sur la présence d'un ovaire accessoire chez* Drosophila melanogaster. Note de M. DE LUNA, présentée par M. Henneguy.

L'absence d'un organe symétrique ou la présence anormale d'un organe accessoire, rompant également la symétrie de l'organisme, sont des cas

rares et assez intéressants. Celui que nous allons exposer dans cette Note serait peut-être intéressant au point de vue de l'anatomie pathologique et de la régénération. Exposons simplement les faits : pendant les examens répétés que nous faisons dans nos cultures de *Drosophila melanogaster* (Loew), nous avons constaté la présence d'une mouche qui avait une volumineuse tumeur à l'extrémité de l'abdomen; nous en avons fait la dissec-



tion dans la solution saline physiologique et nous avons trouvé trois ovaires disposés de la manière suivantes : tandis que du côté gauche il y avait un ovaire de grandeur tout à fait normale, du côté droit nous constations la présence d'un petit ovaire accessoire à côté d'un autre ovaire normal. Le petit ovaire est désigné dans la figure par la lettre A.

Miss Stark ([1]), a montré la présence d'une tumeur chez *Drosophila* qui ne serait pas due à l'action d'un microrganisme; mais cette tumeur offre un caractère mortel pour les mâles parce qu'il est un récessif lié au sexe;

([1]) M. B. Stark, *An Hereditary Tumor in the Fruit Fly* (*Drosophila*) (*Journ. Cancer Research*, t. 3, 1918); *An Hereditary Tumor* (*Journ. Exp. Zool.*, t. 27, 1919).

elle ne se présente pas chez les femelles, qui, d'après Stark, peuvent être de deux classes : homozygotes, ne donnant que des individus normaux, ou bien hétérozygotes; ces derniers sont l'origine de larves mâles montrant la maladie et mourant dans la proportion du 50 pour 100. La tumeur que nous signalons chez la femelle serait une chose tout à fait différente. En ce qui concerne la présence de l'ovaire accessoire, l'interprétation de ces faits est extrêmement difficile.

En effet, l'erreur numérique pourrait s'interpréter comme due à un trouble congénital ou bien comme un cas anormal de régénération ovarienne; celui-ci pourrait être en rapport avec le trouble morbide que la tumeur, dont nous avons parlé tout à l'heure, aurait pu produire. Malheureusement nous n'avons pu réaliser l'étude histologique de la tumeur. Le dessin ci-joint est la reproduction exacte de l'insecte que nous conservons monté à la glycérine.

BIOLOGIE. — *Sur les races ou variétés nouvelles que l'on peut obtenir par la méthode des croisements chez le Bombyx du mûrier.* Note de M. A. Lécaillon, présentée par M. Henneguy.

En appliquant les diverses méthodes indiquées dans une Note précédente [1], pour obtenir de nouvelles races chez le Bombyx du mûrier, j'ai constaté que l'emploi des croisements entre races différentes donne des résultats infiniment plus probants que les autres procédés. Et il n'est pas indispensable que les sujets pris comme reproducteurs soient absolument de race pure. On n'obtient pas de suite, nécessairement, des races complètement fixées en ce qui concerne le caractère qui doit les définir, mais en choisissant ensuite les reproducteurs qui présentent ledit caractère, on arrive rapidement au résultat recherché.

On obtient des effets plus remarquables encore en faisant des croisements successifs où il entre plus de deux races, et l'on peut ainsi arriver à fixer, sur les mêmes sujets, des caractères empruntés à plusieurs races.

Voici des exemples concrets justifiant ce qui précède :

En 1920, un croisement entre une femelle moricaude (le corps présente une pigmentation brunâtre caractéristique) d'une race qui se dédoublait

---

[1] *Sur la variabilité de l'espèce et la création expérimentale de nouvelles races chez le Bombyx du mûrier* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1758).

en vers moricauds proprement dits et en vers blancs (ce dernier caractère est dominé par le caractère moricaud) et un mâle d'une race rayée (les anneaux présentent chacun une bande noire caractéristique) produisit 63 vers rayés, 53 moricauds, 72 vers blancs et 45 *vers à la fois moricauds et rayés*.

En 1921, les moricauds rayés, souches de la race nouvelle, furent accouplés entre eux. Ils produisirent 73 moricauds rayés, 17 moricauds, 12 rayés et 9 vers blancs.

En 1922, les moricauds rayés furent de nouveau accouplés entre eux et produisirent des *moricauds rayés* et des vers rayés. Enfin, en 1923, on fit de nouveau reproduire entre eux les moricauds rayés et en 1924 on constata que les 107 vers dont on fit l'élevage, et qui provenaient d'une même ponte, étaient tous *moricauds rayés*.

Ce caractère *moricaud rayé* peut donc être considéré comme fixé depuis l'année 1923.

En 1923, je fis un croisement entre un mâle moricaud et une de ces femelles *moricaudes rayées*. Tous les produits furent des *moricauds rayés*. Le caractère *moricaud rayé* est donc dominant par rapport au caractère moricaud. Ce fait est conforme à la règle d'après laquelle c'est habituellement le caractère de coloration le plus foncé qui est dominant par rapport à celui qui l'est le moins.

2° En 1921, un croisement entre un mâle moricaud typique et une femelle rayée de *race impure* (elle était issue elle-même d'un croisement précédent entre un mâle de race blanche et une femelle de race rayée) produisit des *moricauds* et des *moricauds rayés*. En 1922, un croisement fut pratiqué entre l'un de ces moricauds rayés et un sujet d'une race à vers jaune verdâtre. On obtint 4 sortes de sujets : des vers blancs, des moricauds, des rayés et des moricauds rayés. Ces derniers, accouplés entre eux, pondirent des œufs qui, en 1924, produisirent : des *moricauds rayés*, des rayés, des moricauds, des vers jaune verdâtre purs et aussi des *moricauds rayés jaune verdâtre* et des *moricauds jaune verdâtre*.

De plus, certains de ces derniers avaient une teinte *rose très marquée*, constituant une variété distincte supplémentaire.

Actuellement je considère les *moricauds rayés jaune verdâtre* et les *moricauds jaune verdâtre* comme de simples variétés, n'ayant pu encore accoupler entre eux ces sujets spéciaux, ni par conséquent étudier leur progéniture. Dans le cas très probable où leurs caractères se montreraient fixes chez leurs descendants, les *moricauds rayés jaune verdâtre* représenteraient une race

nouvelle, cumulant 3 caractères qui existent séparément chez 3 races différentes et se comportent habituellement, dans la plupart des croisements, conformément aux deux lois simples énoncées par Mendel en 1865.

Tous les faits dont il est question dans la présente Note prouvent d'ailleurs, d'une manière éclatante, que ces lois présentent de très remarquables exceptions, même chez des espèces où elles semblent habituellement plus ou moins rigoureusement applicables.

BIOLOGIE. — *Remarques sur l'éphippie des Cladocères.* I. Daphnia longispina. Note de M[lle] **Lucienne Dehorne**, présentée par M. Joubin.

Les observations ont été faites au cours d'une étude sur le cycle évolutif des Cladocères. Il ne s'agit pas d'une étude expérimentale ayant pour objet précis la recherche du déterminisme particulier des phénomènes, étude qu'on ne doit aborder chez les Cladocères que lorsqu'on possède la connaissance complète de toutes les possibilités évolutives d'une espèce.

Les données que nous apportons résultent de l'observation au jour le jour d'élevages sériés de *Daphnia longispina*, dans un milieu non rigoureusement défini (eau de Seine), mais assurant largement les conditions de vie.

Les élevages ont été maintenus à la température variable du laboratoire (15° à 20°).

Dans un but comparatif, l'observation de ces élevages en milieu limité a été constamment accompagnée de celle de *D. longispina* vivant dans un aquarium alimenté par de l'eau de Seine où les conditions de température étaient différentes de celles du laboratoire et variaient dans de plus larges limites : très basses en hiver, très élevées en été (8° à 25°).

Tout d'abord, les deux séries d'observations nous permettent d'affirmer qu'il n'y a pas eu, dans ces diverses conditions, pour l'espèce envisagée, de modification dans l'évolution cyclique.

Il n'en est pas de même pour des *D. longispina* abandonnées dans un milieu dont les qualités nutritives sont appauvries, où la reproduction est alors uniquement assurée par les œufs à développement immédiat dont le nombre est considérablement réduit (1 ou 2). Il en est ainsi, du reste, pour des *D. longispina* confinées dans un milieu dont la concentration augmente par l'évaporation. L'espèce y est maintenue par une multiplication parthénogénétique réduite. Nous avons gardé ainsi une culture de *D. longispina* pendant quatre ans.

Dans un milieu normal et dans les limites de température indiquées (élevages de laboratoire ou élevages en eau courante), il se forme des éphippies en tout temps. Nous reviendrons ultérieurement sur la formation et la fréquence des éphippies dont nous avons fait une étude suivie à partir des femelles initiales. Ces formations ne sont caractéristiques du cycle évolutif que si l'on considère la variété locale d'une espèce donnée.

Quant à leur apparition, elle est absolument indépendante de l'existence de mâles. Et leur formation, amorcée sans eux, s'achève aussi sans leur concours. Scharfenberg (1914) et Olofsson (1918) ont constaté le même fait chez *D. magna* et *D. pulex*.

Lorsque les mâles naissent au cours d'un cycle, il y a discordance avec l'époque d'apparition des femelles éphippiales. Celles-ci précèdent toujours ceux-là.

Les premières éphippies sont formées par de jeunes femelles et représentent leur première ponte. L'expulsion des éphippies est suivie, chez ces jeunes femelles, d'une ponte d'œufs à développement immédiat et c'est parmi les individus de cette nouvelle génération que l'on voit parfois apparaître des mâles. Mais cette naissance de mâles n'est pas constante et certaines lignées parcourent tout un cycle avec maintes générations d'éphippies non suivies de venues de mâles.

Ajoutons que ces générations particulières ne caractérisent nullement une culture appauvrie dont la reproduction parthénogénétique réduite est le signe le plus sûr. Au contraire, dans les élevages où elles apparaissent, la reproduction a gardé toute son intensité (8 à 11 embryons par ponte) et les femelles parthénogénétiques ont leurs tissus chargés de réserves.

L'écart qui sépare la formation si régulière des premières éphippies de la naissance occasionnelle de mâles devient plus manifeste lorsqu'on observe les femelles nées en même temps que les mâles. Celles-ci, au lieu de se comporter en femelles sexuées produisant des œufs durables, pondent des œufs à développement immédiat. Si les femelles éphippiales doivent être considérées comme étant les seules à fournir des œufs contenant le nombre haploïde de chromosomes, elles ont précédé d'une génération celle des formes mâles qui leur correspondent. L'œuf éphippial devant être fécondé pour être fertile, que penser des nombreuses éphippies fournies par les premières femelles éphippiales? Nous n'examinerons pas pour l'instant s'il s'agit là d'un trouble dans le rythme de la sexualité. Mais nous trouvons évidemment dans la succession occasionnelle de ces générations particulières une indication pour la recherche de leur déterminisme.

Cependant, alors que les seules femelles éphippiales, avant toute venue de mâles, n'étaient représentées que par de jeunes individus, on voit souvent, au moment où des mâles existent en abondance, des femelles ayant atteint la taille maximale et n'ayant jusqu'alors pondu que des œufs à développement immédiat produire des éphippies [1].

Dès lors, toute distinction ne peut être qu'artificielle entre femelles parthénogénétiques et femelles éphippiales. Toute *D. longispina* ♀ doit être considérée comme forme sexuée.

L'œuf éphippial de ces femelles âgées trouverait donc toutes chances d'être fertile. Une conception finaliste interpréterait ainsi les faits : l'espèce a tourné la difficulté et arrive à ses fins de survie à tout prix, grâce aux œufs durables de seconde formation ; du reste, pour atteindre le même but, un décalage dans l'évolution de deux lignées contemporaines peut amener, par coïncidence, les mâles d'une lignée à féconder les premières femelles éphippiales de l'autre.

L'observation montre que ces ressources sont superflues. En effet, d'une part, l'œuf durable des premières femelles éphippiales, vivant isolées des mâles, n'est pas nécessairement un œuf stérile : nous avons constaté que de tels œufs soumis à la dessiccation ou au gel préalable sont capables de se développer.

D'autre part, des éphippies formées par des femelles quelconques, soustraites à l'influence des mâles, ont pu donner jour à des daphnies normales.

Il convient de rapprocher ces observations de celles faites par Lilljeborg (1900), Ekman (1904), Scharfenberg (1914), Haberbosch (1916), Olofsson (1918) qui ont constaté la formation d'éphippies indépendamment de l'existence de mâles, chez diverses Daphnies : *D. longispina* var. *rosea*, *D. magna*, *D. pulex*. Il n'y a pas de mâles chez les *D. pulex* du Groënland (Haberbosch) et du Spitzberg (Lilljeborg, Olofsson) où les formations éphippiales sont particulièrement nombreuses. La parthénogénèse est donc seule à assurer la survie de *D. pulex* dans les étangs de ces régions soumis périodiquement au gel ou à l'asséchement.

Pour conclure, il n'est pas douteux que des éphippies formées en présence d'individus mâles puissent parfois contenir des œufs fécondés. Mais l'œuf

---

(1) On ne peut reconnaître avec certains auteurs que l'accouplement puisse déterminer l'évolution des ovocytes en œufs durables. Ekman (1904) a observé une population de *D. longispina* var. *rosea* âgées ; bien que des mâles fussent très nombreux parmi elles, aucune ne forme d'éphippies.

éphippial de *D. longispina* formé en leur absence, loin d'être un œuf stérile, est susceptible de développement. Il est un œuf parthénogénétique ne différant de l'œuf à développement immédiat que par l'existence d'une coque protectrice qui, tout en lui permettant de résister à la dessiccation ou au froid, est en partie responsable de l'arrêt de développement qu'il subit. Il en résulte que *D. longispina* peut se perpétuer uniquement par la voie parthénogétique.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *La dispersion des colloïdes électrolytiques du protoplasme dans ses rapports avec la nutrition minérale de la cellule.* Note de MM. **W. Mestrezat** et **M. Janet**, présentée par M. Jean Perrin.

La répartition inégale des électrolytes diffusibles entre deux milieux en équilibre dialytique, dont l'un renferme un *colloïde électrolytique*, sur laquelle Donnan, Bayliss et l'un de nous avons attiré l'attention il y a quelques années et dont Donnan a eu le mérite de formuler l'équation thermodynamique, semble prendre, en biologie, une place chaque jour plus grande.

Cette intervention des éléments à l'état colloïdal, sur la répartition des électrolytes entre deux milieux, laisse entrevoir le rôle que peuvent jouer, dans les échanges minéraux au niveau de nos tissus, les équilibres ainsi réalisés. Dans cette éventualité, nous n'aurons pas seulement à envisager la quantité absolue des colloïdes électrolytiques en jeu, mais aussi, et surtout, nous semble-t-il, l'état de dispersion de ces constituants. Les propriétés qui relèvent de l'état colloïdal sont, en effet, si étroitement liées au degré d'agrégation variable des groupements ioniques réalisés que le phénomène de l'inégale répartition des électrolytes n'échappe, vraisemblablement, pas à cette règle.

Les faits expérimentaux suivants, observés avec des solutions de savon ou de gélatine qui se prêtent à la réalisation facile d'états d'agrégation différents, nous paraissent démonstratifs.

Si l'on plonge dans une quantité suffisante (400$^{cm^3}$) d'une solution récente de savon à 3-10 pour 1000 et salée à 5 pour 1000 un sac de collodion d'une structure ni trop lâche, ni trop serrée, renfermant une solution de chlorure de sodium (40$^{cm^3}$) d'un titre légèrement inférieur à celui de la solution savonneuse, on voit la teneur en chlorure du contenu du sac augmenter, dépasser d'une façon appréciable celle de la solution périphérique, se maintenir quelques jours à un taux élevé, puis *baisser progressi-*

vement et s'égaliser avec celui de la solution savonneuse. Les discriminations obtenues ont été de $0^g,10$; $0^g,20$; $0^g,50$; $1^g,20$ (en NaCl par litre). Une solution savonneuse qui a cessé de montrer le phénomène de l'inégale répartition est incapable de le reproduire. L'addition de modificateurs coagulants, comme l'alun, fait cesser rapidement l'inégale répartition. Il en est de même de petites quantités de formol, dans le cas d'expériences faites avec de la gélatine salée, sans qu'aucune modification de l'aspect extérieur de la solution se manifeste. L'étude de la viscosité et de la conductivité des milieux permettent de suivre *l'évolution* des solutions colloïdales précédentes en fonction de l'inégale répartition qu'elles produisent.

Les mesures de conductivité et l'analyse chimique des solutions en expérience montrent, après quelques jours, dans le cas des solutions de savon, l'existence d'un processus d'hydrolyse lente pondéralement peu accusé, mais réel; processus que les recherches de Wagner et de Tian, notamment, ont prouvé être conditionné par *l'agrégation progressive* des molécules ou des groupements ioniques présents. Les constatations faites par ailleurs parlent dans le même sens. Les floculations légères que nous avons quelquefois notées dans le cas des solutions de savon; les variations de la viscosité; l'effet des modificateurs coagulants, tels que des traces d'alun pour les solutions savonneuses, de formol dans le cas des expériences faites avec de la gélatine; l'examen des toutes premières parties des courbes de conductivité s'accorde à montrer la réalité d'un processus de coalescence progressive lié dans le temps au phénomène de l'inégale répartition. *Le phénomène de l'inégale répartition des électrolytes apparaît comme étroitement commandé par la dispersion variable du colloïde;* toutes choses égales, par ailleurs.

L'importance biologique de ces constatations ressort des preuves multiples que nous avons de l'intervention des colloïdes électrolytiques dans les équilibres organiques. Le cas du liquide céphalorachidien et du sang (Mestrezat), du sérum et des dialysats que l'on peut en obtenir (Mestrezat et S. Ledebt) en sont des exemples. L'intervention de l'état de dispersion variable des colloïdes ne semble pas moins s'imposer, si l'on considère l'évolution continuelle du sol au gel qui caractérise les manifestations vitales diverses du protoplasme, comme l'ont prouvé, dans ces dernières années, les expériences de micro-dissection.

On doit ajouter que l'intervention d'un colloïde électrolytique RM, dans lequel R représente l'ion colloïdal et M l'ion minéral, introduit dans les questions d'échanges et de perméabilité cellulaire la notion *d'affinité*

chimique. On entrevoit les conséquences possibles de ce fait. Si l'affinité de R pour M s'exerce dans un sens étroit, l'appel réalisé sera spécifique et la présence dans une cellule de radicaux accepteurs R′, R″, R‴ conditionnera une perméabilité élective pour les ions M′, M″, M‴ correspondants. D'autre part, si l'on suppose la combinaison RM peu dissociée, on conçoit la possibilité, pour une cellule, d'accumuler, par le seul jeu des lois de la diffusion, des quantités qui peuvent être très importantes d'un élément minéral M, celui-ci demeurant, fait intéressant, en *équilibre réversible* avec la forme qu'il affecte dans les humeurs.

En résumé, par l'intermédiaire des électrolytes colloïdaux, plus généralement désignés sous le nom de colloïdes électrolytiques, des rapports étroits peuvent être établis entre l'état de dispersion de ces colloïdes et les équilibres minéraux réalisés. On est ainsi amené, en dernière analyse, à envisager dans les échanges cellulaires une interdépendance étroite des constituants fondamentaux de l'organisme.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La trimyristine, glycéride du lait*. Note de MM. **Maurice Piettre** et **Clément Roéland**, présentée par M. Lindet.

Au cours de recherches faites au laboratoire du service vétérinaire sanitaire aux Halles Centrales, nous avons été amené, après la mise au point par l'un de nous d'une méthode de dosage des protéides, à étudier les glycérides entrant dans la composition de la matière grasse du lait.

Nous avons eu une première indication pour la séparation de l'un d'eux, la trimyristine ou myristine, en constatant la formation de belles houppes cristallines dans la solution éthéro-alcoolique des substances grasses du lait d'après la méthode d'Adam, abandonnée à une lente évaporation, à basse température. Réalisant les mêmes conditions expérimentales, cette fois, sur 100^{cm^3} de lait nous parvenions à isoler une quantité de formations cristallines suffisante pour vérifier qu'il s'agissait d'un corps gras neutre, d'un glycéride cristallisé en belles lamelles, répondant, comme il sera dit plus bas, aux caractères de la myristine.

Nous donnons brièvement la technique qui nous a paru la plus pratique : On choisit de préférence du lait cru; 500^{cm^3} sont versés dans une boule à robinet et abandonnés 24 heures au repos dans un endroit frais pour obtenir la montée, d'ailleurs incomplète de la crème. Le lait est alors décanté lentement de façon que la couche buty-

reuse superficielle ne se disloque pas et reste à peu près seule dans l'appareil. On ajoute alors 200$^{cm^3}$ de liqueur d'Adam, préparée d'après les proportions classiques (alcool à 75°, 1000; éther, 1100), et l'on agite avec précaution pour dissoudre progressivement les matières grasses constituant la crème. La masse liquide se sépare en deux fractions: l'une supérieure, claire, formée de la solution éthéro-alcoolique des graisses; l'autre, surtout aqueuse, blanche, tenant en suspension les flocons des protéides coagulés par l'alcool et provenant des petites quantités de lait resté mélangé à la crème. On ajoute encore 50 à 60$^{cm^3}$ d'éther, on agite en évitant l'émulsion et sépare alors complètement les deux parties. La liqueur éthéro-alcoolique filtrée, parfaitement limpide, est versée dans une boule à robinet de 1 litre qu'on laisse débouchée à une température voisine de 8 à 10°.

Suivant la plus ou moins grande rapidité avec laquelle s'évapore l'éther, la cristallisation commence au bout de 24 ou 48 heures, parfois plus tard. Elle débute en surface, pour se propager bientôt dans tout le liquide. Les beaux flocons pailletés, d'un blanc éclatant, se réunissent peu à peu dans la partie allongée de l'appareil. On les recueille sur trompe en ne laissant écouler que la petite quantité de liqueur qui les accompagne. Après essorage prolongé de ces cristaux, le liquide filtré est repris par le minimum d'éther et joint au contenu de la boule.

On obtient une deuxième, quelquefois une troisième cristallisation avec les mêmes caractères.

Un dernier séjour aux environs de 4° permet de séparer les dernières traces de produit cristallisé mais nettement impur.

En général, à ce moment, par suite d'évaporation de l'éther, la liqueur éthéro-alcoolique se trouble, on voit se former de très fines gouttelettes qui peu à peu s'agglomèrent en de grosses gouttes se réunissant finalement en une couche huileuse jaunâtre.

II. Le produit cristallisé est formé de longues lamelles à section oblique à leurs extrémités, fondant à 52-54°, insolubles dans l'eau, très solubles dans l'éther. Il est presque totalement insoluble dans l'alcool éthylique froid; sa solubilité augmente par addition d'éther, mais même avec une proportion d'un tiers d'éther elle est faible.

La saponification à l'aide de potasse alcoolique donne un rendement de 92,24 pour 100 d'acide gras insoluble (théorie 92,15 pour 100 pour la myristine).

L'acide obtenu, très soluble dans l'éther, soluble dans l'alcool froid à raison de 5,5 pour 100 à 15°, cristallise en aiguilles lancéolées, le plus souvent groupées en pinceau et fond à 50-52°.

Il est saturé par 10,13 pour 100 de sodium (théorie 10,17 pour 100 pour l'acide myristique). Le glycéride isolé est donc la trimyristine.

Le rendement dans les conditions expérimentales indiquées atteint 1^g par litre de lait; mais comme la séparation de la crème est incomplète, atteignant

à peine la moitié de la proportion véritable, on calcule que l'on peut obtenir 2g à 2g,4 de myristine cristallisée pour 1000.

Dans les premières cristallisations de myristine on trouve de petites quantités de lactose en très beaux cristaux que l'on élimine facilement à l'aide d'éther anhydre.

La dernière cristallisation est toujours souillée d'autres glycérides donnant à l'ensemble un point de fusion voisin de 40-43°. On la purifie très difficilement en traitant à plusieurs reprises par l'alcool contenant un tiers d'éther, mélange dans lequel la myristine est moins soluble que les impuretés.

III. Pour obtenir une préparation plus abondante de myristine il serait plus avantageux de traiter directement la crème.

En partant du beurre, on sépare avec plus de peine des produits purs; il faut employer des grandes quantités de solvants (alcool, éther) correspondant aux poids de matière grasse mise en œuvre.

Conclusions. — Bien que ces recherches n'aient pas la prétention de fournir une méthode de dosage de la myristine, elles apportent cependant une bonne idée de la proportion de ce produit dans le lait. Elles permettent surtout de séparer, à l'état cristallisé, ce glycéride dont seul l'acide avait été signalé dans le beurre avec des teneurs d'ailleurs très variables suivant les auteurs.

SÉROLOGIE. — *Hémolysines normales et hémolysines artificielles.*
Note de M. S. **Mutermilch**, présentée par M. Roux.

Nous avons démontré dans une Note précédente ([1]) qu'on pouvait distinguer dans les hématies du mouton les récepteurs pour les anticorps normaux des récepteurs pour les anticorps artificiels, et que les hémolysines hétérologues de Forssman appartiennent, sans doute, à la catégorie des hémolysines normales.

En présence de ces faits, nous avons abordé le problème de l'identité des anticorps normaux avec les anticorps artificiels, identité qui, depuis la théorie des chaînes latérales d'Ehrlich, est généralement admise.

Nous avons effectué les quelques expériences suivantes :

Expérience I. — Les hématies d'un mouton *normal* sont mises en contact

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1234.

avec l'excès des hémolysines artificielles homologues du lapin, d'un côté, et du cheval, de l'autre, pendant 48 heures à la glacière; on centrifuge ensuite les hématies, on décante les sérums surnageants et l'on met de nouveau les hématies ainsi sensibilisées et lavées à l'eau salée, divisées en quatre parties égales, en contact avec : 1° un sérum antimouton du lapin; 2° un sérum antimouton du cheval; 3° un sérum humain normal; 4° un sérum hémolytique hétérologue de Forssman obtenu par l'immunisation du lapin avec l'extrait du rein du cobaye, et dont le titre est sensiblement égal à celui des sérums hémolytiques du lapin et du cheval; on centrifuge de nouveau, on décante les liquides surnageants et l'on essaie la force hémolytique des divers échantillons de sérums avant l'adsorption par les hématies et après la première et la deuxième adsorption.

Cette expérience a montré que *les hématies du mouton saturées par les anticorps artificiels homologues, n'étant donc plus capables de fixer de nouvelles quantités de ces anticorps, fixent tous les anticorps normaux humains ainsi que tous les anticorps (normaux également) de Forssman, tout comme les hématies qui n'avaient subi aucune sensibilisation préalable.*

Expérience II. — Les hématies d'un mouton *normal* sont d'abord sensibilisées par les anticorps normaux humains et les anticorps hétérologues (donc normaux) de Forssman; on les met ensuite en contact avec les hémolysines artificielles homologues du lapin et du cheval et l'on continue comme dans l'expérience précédente.

Cette expérience a montré que *les hématies sensibilisées par les anticorps normaux se comportaient vis-à-vis des anticorps artificiels homologues exactement comme les hématies non sensibilisées*, c'est-à-dire que la saturation des récepteurs pour les sensibilisatrices normales n'a pas empêché les hématies de fixer autant de sensibilisatrices artificielles que les hématies non sensibilisées par les anticorps normaux [1].

Expérience III. — Les hématies du mouton X (donc insensibles vis-à-vis des hémolysines normales et des hémolysines hétérologues de Forssman), mises en contact du sérum humain normal ou du sérum de Forssman, n'adsorbent pas une trace de sensibilisatrice; mises ensuite en contact avec les hémolysines artificielles homologues, elles fixent autant de sensibili-

---

(1) Ces deux expériences, sur une échelle moins grande, avaient été tentées par Forssman, avec un résultat opposé au nôtre; nous attribuons cette discordance au fait que cet auteur n'a pas tenu compte de la présence des hémolysines normales dans le sérum antimouton de lapin qui ont masqué les résultats d'expériences.

satrices que les hématies du mouton normal sensibilisées ou non par les anticorps normaux.

Expérience IV. — Les hématies du mouton X mises en contact avec le sérum antimouton du lapin qui contient, comme la majorité des sérums du lapin, une certaine quantité d'anticorps hémolytiques normaux, fixent tous les anticorps artificiels homologues, mais laissent intacts les anticorps normaux dont l'activité vis-à-vis des hématies d'un mouton normal est sensiblement égale à celle d'avant l'immunisation par les hématies du mouton.

Il résulte de toutes ces expériences que les *hémolysines normales circulent dans le sang des animaux vaccinés à côté des hémolysines artificielles nouvellement formées, et que les expériences d'adsorption permettent la séparation des sensibilisatrices normales des sensibilisatrices artificielles. A ces deux groupes d'anticorps correspondent dans les hématies des récepteurs distincts pour les anticorps normaux et pour les anticorps artificiels et qu'on peut saturer à volonté avec les uns ou les autres.*

Il est à présumer que les anticorps antimicrobiens et antitoxiques se comportent de la même façon que les anticorps hémolytiques; il est également à présumer que l'intensification de l'état réfractaire des organismes qui s'établit à la suite d'une protéino-thérapie non spécifique, est due à l'augmentation du taux d'anticorps normaux, comme c'est le cas pour les hétéro-lysines de Forssman; l'étude de ces problèmes fera l'objet de nos recherches ultérieures.

A 16h, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h30m.

Em. P.

ERRATA.

(Séance du 16 juin 1924.)

Note de M. *G. Athanasiu*, Sur la répartition de l'énergie dans le spectre d'un arc au mercure :

Page 2071, lignes 15 et 15, *au lieu de*

Groupe λ 3650,63	Groupe λ 3021,27
» 3125,31	» 2652,55

lire

Groupe λ 3650-63	Groupe λ 3021-27
» 3125-31	» 2652-55

Page 2073, ligne 13, *au lieu de* λ 5769,90, *lire* λ 5769-90.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Publications périodiques reçues pendant le premier trimestre 1924. (*Suite.*)

Revista do Instituto archeologico, historico e geographico pernambucano. Pernambuco.
Revista mexicana de ingeniera y arquitectura. Mexico.
Revista zootécnica. Buenos-Aires.
Revue anthropologique. Paris.
Revue bretonne de botanique pure et appliquée. Rennes.
Revue bryologique. Cachan par Athis.
Revue de l'industrie minérale. Paris. Saint-Étienne.
Revue de viticulture; journal de la viticulture française et mondiale. Paris.
Revue des voyages (la). Paris.
Revue du Touring-Club de France (la). Paris.

(*A suivre.*)

FIN DU TOME CENT-SOIXANTE-DIX-HUITIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER — JUIN 1924.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 178.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

X

Z

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
73601-24 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.